



Instituto de

Biociências



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



PG-BGA

**RESISTÊNCIA ÀS INFECÇÕES ARTIFICIAIS POR
HAEMONCHUS CONTORTUS DE CORDEIRAS SANTA
INÊS, ILE DE FRANCE E DE CORDEIRAS PRODUTOS
DO CRUZAMENTO ENTRE A RAÇA SANTA INÊS E AS
RAÇAS DORPER, ILE DE FRANCE, SUFFOLK E TEXEL**

MAURÍCIA BRANDÃO DA SILVA

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências, Câmpus de Botucatu,
UNESP, para obtenção do título de
Mestre no Programa de Pós-Graduação
em Biologia Geral e Aplicada, Área de
concentração Biologia de Parasitas e
Microorganismos)

*Prof. Adj. Alessandro Francisco Talamini do Amarante
Orientador*

**BOTUCATU – SP
2010**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Julio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

**RESISTÊNCIA ÀS INFECÇÕES ARTIFICIAIS POR
HAEMONCHUS CONTORTUS DE CORDEIRAS SANTA
INÊS, ILE DE FRANCE E DE CORDEIRAS PRODUTOS
DO CRUZAMENTO ENTRE A RAÇA SANTA INÊS E AS
RAÇAS DORPER, ILE DE FRANCE, SUFFOLK E TEXEL**

MAURÍCIA BRANDÃO DA SILVA

**PROF. ADJ. ALESSANDRO FRANCISCO TALAMINI DO AMARANTE
ORIENTADOR**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências, Campus de Botucatu, UNESP,
para obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em Biologia
Geral e Aplicada, Área de concentração
Biologia de Parasitas e Microorganismos

**BOTUCATU – SP
2010**

Dedico

Aos meus pais, José Messias Silva e Terezinha Brandão Silva, meus grandes heróis, que abdicaram de muitos de seus sonhos para tornarem o meu sonho realidade. Obrigada por esse amor, dedicação e cumplicidade incondicional.

Aos meus irmãos Marcelo, Nena e Binho, que sempre me incentivaram e se mostraram orgulhosos de cada conquista e também sempre prontos para puxar minha orelha.

Ao meu imenso time de sobrinhos: Gui, Biel, Kaká, Naná, Celinho, Lala e Miguel (Sivirino), que proporcionam incontáveis momentos de alegria e aprendizado, e por defenderem a fixa idéia de que “A tia Berne é a melhor Zootecnista e cientista do mundo”. Meus maiores e melhores discípulos e companheiros na paixão pelo São Paulo Futebol Clube!

Obrigada por tornarem minha jornada mais suave e compensadora, vocês são minha base e meu porto seguro.

A vocês, agradeço e dedico cada palavra deste trabalho.

“Como é grande, o meu amor, por vocês!”

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Adj. Alessandro F. T. Amarante, pela confiança em mim depositada ao oferecer este experimento para ser conduzido “longe de casa”, acreditando que eu era capaz de realizá-lo. Agradeço ainda pela orientação, ensinamentos e paciência ao longo de todos esses anos de graduação e mestrado, sempre torcendo para que um dia eu consiga fazer uma apresentação sem ficar nervosa com sua presença e gaguejar. Sua dedicação, competência e profissionalismo serão sempre um exemplo para mim.

À Prof^a Ivanete Susin e toda a equipe do SIPOC – Esalq/USP, por tornarem possível grande parte desse experimento. Obrigada por todo o aprendizado, apoio e amizade recebidos durante minha estadia em Piracicaba. Em especial, à estagiária Ana Brunelli, por se doar com tanta dedicação à realização deste experimento. Com você tudo se tornou mais fácil.

A duas outras “orientadoras” e amigas com as quais pude contar em toda minha caminhada das iniciações científicas ao mestrado, Raquel Rocha e Patrícia Bricarello. Muito obrigada por me ensinarem o jeito “Nargir” de ser. Vocês são duas jovens mães que ganhei em Botucatu, sempre muito dispostas a darem um belo puxão de orelha. Terão sempre um lugar especial em minha memória e em meu coração.

Aos amigos e irmãos que estiveram sempre ao meu lado em Botucatu: Thaila (Bisktov), Victor (Fozzi), Paula (Lelete), Márcio (Sofia), Mariana (K-xu), Cíntia (Bolor) e Caroline (Jaca), e um “monstrinho” que apareceu nos últimos anos de Dep. de Parasitologia, Fabiana. Agradeço a todos pelo carinho, incentivo, doação, broncas; enfim, obrigada por tudo! Vocês são a família que pude escolher.

Não posso deixar de agradecer a um pequeno, porém trabalhoso amigo, companheiro de horas de alegria, bagunça e solidão, meu filhote Panetone.

Aos colegas e funcionários do departamento de parasitologia, Valdir, Nilza, Ângela, Márcia, Salete e Roberto, agradeço por momentos de apoio e descontração.

Aos colegas de laboratório, Bruna, César e Daniel, obrigada pela companhia e por proporcionarem um ambiente fácil de trabalhar.

À Fapesp pelo auxílio e bolsa concedidos.

A todos que de alguma maneira tornaram possível cada instante desses dois anos de caminhada.

E um agradecimento especial aos 108 animais presentes neste estudo, aos quais sempre despendi todo respeito e agradecimento

Obrigada!

Sumário

RESUMO	11
ABSTRACT	12
INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1 ¹	15
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
1.1. Respostas desencadeadas por ovinos na resistência contra os nematódeos gastrintestinais	16
1.2. Fatores que interferem na resistência	21
1.2.1. Herdabilidade e variabilidade genética	21
1.2.2. Idade	21
1.2.3. Sexo	22
1.2.4. Raça.....	22
1.3. Efeito do cruzamento na resistência e produção animal	25
1.4. Selecionar para resistência ou tolerância?	29
2. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPÍTULO 2 ²	40
Resistência de cordeiras Santa Inês, Ile de France e animais mestiços a infecções artificiais com <i>Haemonchus contortus</i>	41
RESUMO	41
1. Introdução	42
2. Material e Métodos	44
2.1. Descrição do Experimento	44
2.2. Exames Hematológicos.....	47
2.3. Exames Parasitológicos	48
2.4. Exames Histológicos	48
2.5. Exames Imunológicos.....	49
2.5.1. Dosagem de IgA no soro	49
2.5.2. Muco	50
2.6. Análise Estatística	50
3. Resultados	51

4. Discussão	55
5. Conclusão	64
6. Referências Bibliográficas	64

Lista de Tabelas

Tabela 1.....	71
---------------	----

Análise bromatológica de amostras da ração ofertada aos animais nas semanas 0 à 11, com relação volumoso: concentrado de 10:90 e nas semanas 12 à 21, com relação volumoso:concentrado de 50:50. 71

Tabela 2.....	72
---------------	----

Peso médio (kg) de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre a raça Santa Inês e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI). Da semana 0 até a semana 14 (primeira fase) os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); na semana 17 (início segunda fase) os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana, até semana 21 (final segunda fase), totalizando mais 11 infecções..... 72

Tabela 3.....	73
---------------	----

Valores médios de ganho de peso total (kg) e o percentual de ganho de peso de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre a raça Santa Inês e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI) ao longo da primeira fase (PF), antes da troca de dieta (semana 0 a 12) e depois da troca de dieta (semana 12 a 14), assim como ao final da segunda fase (SF) do experimento (semanas 17 a semana 21). Da semana 0 até a semana 14 (primeira fase) os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); no primeiro dia da semana 17 (início segunda fase) os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana, até semana 21 (final segunda fase), totalizando mais 11 infecções. 73

Tabela 4.....	74
---------------	----

Valores médios de volume globular (VG) de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre a raça Santa Inês e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI). Da semana 0 até a semana 14 (primeira fase) os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); no primeiro dia da semana 17 (início segunda fase) os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana, até semana 21 (final segunda fase), totalizando mais 11 infecções. 74

Tabela 5.....	75
Valores médios de eosinófilos (células/ μ l de sangue) de cordeiras artificialmente infectadas com <i>Haemonchus contortus</i> (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre a raça Santa Inês e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI). Da semana 0 até a semana 14 (primeira fase) os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); no primeiro dia da semana 17 (início segunda fase) os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana, até semana 21 (final segunda fase), totalizando mais 11 infecções.	
Tabela 6.....	76
Carga parasitária de cordeiras Santa Inês (SI), Ile de France (IF) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DO xSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), infectadas artificialmente com <i>Haemonchus contortus</i>	
Tabela 7.....	77
Valores médios de células na mucosa abomasal de cordeiras artificialmente infectadas com <i>Haemonchus contortus</i> (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF) , Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI).	
Tabela 8.....	78
Coeficientes de correlação de Spearman entre o número de ovos por grama de fezes (OPG) ou a carga parasitária total (CT) com as variáveis peso final (PF), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), eosinófilos circulantes (EC), carga parasitária total (CT), comprimento de parasitas macho (CM), comprimento de parasitas fêmeas (CF) e número de eosinófilos teciduais (ET), número de leucócitos globulares (LG) e mastócitos (M) na mucosa do abomaso de cordeiras artificialmente infectadas com <i>Haemonchus contortus</i> (I) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre a raça Santa Inês e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI).	
Tabela 9.....	79
Coeficientes de correlação de Spearman entre o número de ovos por grama de fezes (OPG) ou a carga parasitária total (CT) com as variáveis imunoglobulina A (IgA) sérica (S) e do muco abomasal (M), e imunoglobulina G (IgG) sérica contra antígenos totais de larvas infectantes (L3) ou de parasitas adultos (AD) de cordeiras artificialmente infectadas com <i>Haemonchus contortus</i> das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre a raça Santa Inês e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI).	

Lista de Figuras

Figura 1	80
Cronograma do período experimental relacionado às infecções e as dietas experimentais.	80
Figura 2	82
Valores médios de ovos por grama de fezes (OPG) de cordeiras Ile de France (IF) , Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IF x SI), Dorper (DO x SI), Suffolk (SU x SI) e Texel (TE x SI), infectadas artificialmente com <i>Haemonchus contortus</i> . Da semana 0 até a semana 14 os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); no primeiro dia da semana 17 os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana (total de 11 infecções). Barra = erro padrão.....	82
Figura 3	84
Valores médios do comprimento de exemplares (cm) machos e fêmeas de <i>H. contortus</i> recuperados do abomaso de cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI) artificialmente infectados. Barra = erro padrão.	84
Figura 4	86
Níveis percentuais médios de IgA sérica contra larvas em estágio L3 (A) de <i>H. contortus</i> em cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com <i>H. contortus</i> ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético (P<0,05).	86
Figura 5	88
Níveis percentuais médios de IgA sérica contra parasitas adultos de <i>H. contortus</i> em cordeiras Ile de France (IF) , Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com <i>H. contortus</i> ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético (P<0,05).	88
Figura 6	90
Níveis percentuais médios de IgA no muco abomasal contra larvas em estágio L3 (A) de <i>H. contortus</i> em cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectadas. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com <i>H. contortus</i> ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético (P<0,05).	90

Figura 7	92
Níveis percentuais médios de IgA no muco abomasal contra parasitas adultos de <i>H. contortus</i> em cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com <i>H. contortus</i> ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético ($P<0,05$).	
Figura 8	94
Níveis percentuais médios de IgG sérica contra larvas em estágio L3 (A) de <i>H. contortus</i> em cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados.	
Figura 9	96
Níveis percentuais médios de IgG sérica contra parasitas adultos de <i>H. contortus</i> em cordeiras Ile de France (IF) , Santa Inês (SI) e do cruzamento entre SI e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com <i>H. contortus</i> ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético ($P<0,05$).	

RESUMO

O estudo foi conduzido no intuito de avaliar a resistência e o desempenho produtivo de cordeiras puras Santa Inês (SI), Ile de France (IF) e animais produtos do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Dorper (DOxSI), Ile de France (IFxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI) artificialmente infectadas por *Haemonchus contortus*. Foram utilizadas cento e oito cordeiras com idade inicial de três meses. O experimento foi dividido em duas fases. Na primeira fase (18/09/2007 a 19/12/2007) os animais foram infectados com 500 larvas infectantes (L3) de *H. contortus*, três vezes por semana (segunda feira, quarta feira e sexta feira), totalizando 20, 500 L3. Após um período de 26 dias de suspensão das infecções, iniciou-se a segunda fase do experimento (14/01/2008 a 11/02/2008), quando os animais foram desafiados com uma dose única de 10, 000 L3, seguido de infecções seriadas com 1, 000 L3, três vezes por semana. Ao final do experimento totalizou-se 41, 500 L3 administradas a cada animal. Animais controles de cada um dos grupos genéticos foram mantidos livres de infecções helmínticas. Inicialmente as cordeiras receberam dieta de 16% PB, na proporção 90% concentrado e 10% volumoso ad libitum, na segunda fase a dieta passou a ser restrita, na proporção 50% de concentrado e 50% de volumoso. A cada 14 dias, o desempenho dos animais foi avaliado e exames parasitológicos e hematológicos foram realizados. Ao final do experimento, os animais foram sacrificados para a recuperação, contagem e classificação dos parasitas e para a colheita de amostras de tecido e muco do abomaso para análises histológicas e imunológicas. Os animais SUxSI mostraram-se os mais susceptíveis às infecções, demonstrando maior prejuízo do ponto de vista produtivo. Animais IF mostraram-se ineficientes em impedir o estabelecimento e desenvolvimento da infecção, contudo, seu desempenho produtivo foi superior ao dos outros grupos

genéticos, sendo assim classificados como tolerantes à infecção. Animais SI foram os mais resistentes, com reduzida contagem de OPG e carga parasitária e resultados hematológicos superiores aos demais grupos genéticos, porém, apresentaram baixo desempenho produtivo. Com exceção das cordeiras SUxSI os animais cruzados apresentaram valores intermediários, se mostrando mais resistentes que a raça IF e com desempenho superior ao dos animais SI. A adoção do cruzamento no intuito de produzir animais mais resistentes e com desempenho produtivo satisfatório foi benéfica.

O uso da análise de concentração de IgA presente soro dos hospedeiros mostrou-se uma ferramenta eficiente na seleção de animais resistentes a infecções com *H. contortus* entre diferentes raças e entre rebanhos de uma mesma raça.

Palavras-chave: ovinos; cruzamento; resistência

ABSTRACT

This trial was carried out to evaluate the resistance status and productivity to a artificial infection with *Haemonchus contortus* in purebred Santa Ines (SI) and Ile de France (IF) lambs, also in animals produced by crosses of Santa Ines dams and rams Dorper (DOxSI), Ile de France (IFxSI) Suffolk (SUxSI) and Texel (TEXSI) breed. The experiment was divided into two phases. At first, (18/09/2007 to 19/12/2007), a total of 108 three-month-old worm-free lambs were infected with 500 third-stage larvae (L3), three times a week, totaling 20.500 larvae. After a period of 26 days of suspension in infections, began the second phase (14/01/2008 the 11/02/2008), when the lambs were challenged with trickle infection of 10.000 L3, followed by sequential infections with 1000 L3, a total of 2100 larvae. At the end of the experiment, each animal received 41.500 L3. Control animals were kept free of helminth infections. Initially, the lambs received a diet with 16% CP, the proportion was 90% concentrate and 10% forage *ad*

libitum. In the second phase, the diet became restricted in the proportion of 50% concentrate and 50% forage. Every fourteen days, animals were weighed and blood and faecal samples were collected for measurement of parasitological and hematological tests. Respectively, twenty two weeks after infections, the animals were slaughtered to determine the worm burden and sampling of tissue and mucus from the abomasums were collected to histological and immunological analysis. Parasitological and productive results showed that SUxSI lambs were most susceptible to nematode infections. The IF group were ineffective in preventing the establishment and development of infection, however, its growth performance was superior to the other genetic groups, thus, this animals were classified as tolerant to infection. The SI group were the most resistant, with low FEC and worm burden and hematologic results superior to other genetic groups, however, showed low productive performance. Crossbred (IFxSI) showed intermediate values, proving be more resistant than the IF and superior performance than SI. Crossbreeding was satisfactory in to produce resistant and productive animals.

Keywords: Sheep; crossbred; resistance

INTRODUÇÃO

O parasitismo por nematódeos gastrintestinais é um dos principais problemas sanitários das criações de ovinos, sendo responsável por grandes perdas econômicas devido à redução na produtividade, mortalidade de animais, gastos com anti-helmínticos e mão de obra. Ainda hoje os anti-helmínticos são utilizados como a principal ferramenta no combate a essas infecções. Porém, o uso indiscriminado das drogas existentes no mercado resultou na disseminação de populações de parasitas resistentes a todos os princípios ativos existentes no mercado (GETACHEW *et al.*, 2007).

Em 2008, foi lançado na Nova Zelândia, uma nova classe de drogas com ação anti-helmíntica, *amino-acetonitrile derivatives* (AAD). Com a possibilidade de sua chegada aos mercados da América do Sul nos próximos anos, é imprescindível a conscientização dos produtores do uso racional dessa nova droga, assim como a adoção de manejos alternativos que visem reduzir a dependência da utilização dos anti-helmínticos no controle da verminose para que o AAD não tenha o mesmo fim que as demais drogas disponíveis no mercado. Uma das medidas que se apresenta como a de maior sustentabilidade a médio e longo prazo é a seleção e criação de raças de ovinos naturalmente resistentes às infecções por nematódeos, uma vez que a habilidade dos ovinos adquirirem e expressarem imunidade contra os parasitas é controlada geneticamente e varia substancialmente entre as diferentes raças (STEAR & MURRAY, 1994).

CAPÍTULO 1¹

¹ ABNT (NBR 6023/2002)

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Após contato com larvas infectantes de nematódeos gastrintestinais, os hospedeiros podem desenvolver dois tipos de respostas: resistência (habilidade natural que o hospedeiro tem em iniciar e manter uma resposta contra nematódeos gastrintestinais, impedindo o estabelecimento de larvas infectantes (L3) e/ou eliminando parasitas adultos) ou a resiliência/tolerância (habilidade do hospedeiro em manter a produção em nível satisfatório mesmo estando parasitado; co-existência entre parasita/hospedeiro) (WOOLASTON, BARKER, 1996).

A resistência é um processo complexo, com mecanismos de atuação que ainda não foram totalmente elucidados. Suas ações estão associadas a respostas desencadeadas pelo hospedeiro após a infecção (WOOLASTON e BAKER 1996). A eficiência no controle das infecções causadas por nematódeos gastrintestinais pode ser aumentada a partir da identificação objetiva e acurada das raças mais resistentes e com a compreensão dos mecanismos genéticos e imunológicos que a determinam.

1.1. Respostas desencadeadas por ovinos na resistência contra os nematódeos gastrintestinais

A resposta imunológica contra os nematódeos envolve o reconhecimento e processamento de antígenos dos parasitas presentes no hospedeiro, a ação de linfócitos Th2 CD4+, o aumento de células inflamatórias presentes na mucosa dos animais, o número de eosinófilos circulantes, a produção de anticorpos específicos, a presença de substâncias inibidoras no muco e o aumento de sua produção (HOHENHAUS e OUTTERIDGE, 1995; AMARANTE e AMARANTE, 2003; BEHNKE, 2003; DOMINIK, 2005;).

A imunidade contra parasitas adultos em ruminantes pode se manifestar pela

hiperplasia das células da mucosa do abomaso, eosinofilia tecidual, produção de anticorpos específicos, expulsão dos vermes, alterações na morfologia dos parasitas e redução na fecundidade das fêmeas (BALIC *et al.*, 2000; GONZÁLEZ *et al.*, 2008). Já a resistência contra as larvas se manifesta pela eliminação de larvas infectantes ingeridas (L3) ou pela inibição do desenvolvimento das mesmas (hipobiose) (BALIC *et al.*, 2000).

Após a primeira infecção, a resposta passa a ser mais rápida e eficiente. A rejeição rápida ou exclusão imune de larvas é um fenômeno bem reconhecido em ovinos hipersensibilizados pela infecção repetida com nematódeos gastrintestinais. Segundo Halliday *et al.* (2007) animais re-infectados artificialmente com *Teladorsagia circumcincta*, parasita predominante em criações de ovinos de países de clima temperado, apresentaram reduzida carga parasitária total e maior número de parasitas em estágio L4 inicial quando comparados com animais infectados pela primeira vez. Segundo os autores, animais re-infectados apresentaram eliminação da carga parasitária mais rápida e mais eficiente que animais infectados pela primeira vez, afirmando que os animais adquiriram imunidade contra os parasitas após a primeira infecção. Para Joanna *et al.* (2009), a eliminação da carga parasitária está associada com a degranulação de várias populações de células, promovendo o acúmulo de substâncias mediadoras que atuam no órgão do hospedeiro, atuando, por exemplo, na mudança da viscosidade do muco, interferindo na mobilidade das larvas e facilitando sua remoção.

Os linfócitos B dos mamíferos são responsáveis pela produção de imunoglobulinas (anticorpos) de várias classes e subtipos durante a resposta contra as infecções. Cordeiros selecionados para a resistência à verminose, quando infectados com *H. contortus*, produzem maior quantidade de anticorpos IgE e IgA anti-*Haemonchus* e apresentam infiltração elevada de mastócitos e eosinófilos na mucosa do

abomaso quando comparados com animais não resistentes (GILL *et al.*, 1993; KARANU *et al.*, 1997; GILL *et al.*, 2000).

Em ovinos infectados com *H. contortus*, Strain e Stear (2001) observaram associação significativa entre a concentração de IgA anti-L3 e a redução no comprimento dos vermes. De acordo com os autores, a magnitude da resposta por IgA é influenciada pela qualidade da dieta e pode ser o principal mecanismo de controle da fecundidade de *H. contortus*. Bricarello *et al.* (2005) também observaram níveis mais elevados de IgA anti-adultos de *H. contortus* no muco abomasal de cordeiros Santa Inês quando comparados à cordeiros Ile de France, após infecções experimentais com o referido parasita. Por outro lado, em animais mais velhos, naturalmente infectados com nematódeos, Amarante *et al.* (2005) não observaram diferença significativa entre os níveis médios IgA em ovinos Santa Inês, Ile de France e Suffolk, contudo, animais Santa Inês e Ile de France apresentaram relação inversa entre a concentração de IgA no muco abomasal (anti-L3 e anti-adultos de *H. contortus*) e as contagens de ovos por grama de fezes (OPG) ou carga parasitária.

Segundo Halliday *et al.* (2007) a concentração de IgA presente na linfa de gânglios gástricos de ovelhas da raça Scottish Blackface quintuplicou oito dias após o desafio com lavas de *T. circumcincta*, porém, se manteve inalterada no sangue. A eliminação de larvas em estágio L4 teve início cinco dias após a infecção, enquanto a inibição do crescimento e desenvolvimento das larvas ocorreu somente 10 dias após a infecção. Os resultados sugerem que o pico de IgA ocorreu tarde demais para ter sido a causa da eliminação dos parasitas, contudo, teve influência no retardamento do desenvolvimento e redução da fertilidade dos mesmos.

Linfócitos CD4⁺ são células do sistema imunológico que atuam na identificação de antígenos de patógenos presentes na membrana das células do hospedeiro. Quando

infectados os animais resistentes apresentam aumento do número e na circulação de linfócitos CD4⁺ no organismo. Cordeiros da raça Gulf Coast Native, comprovadamente resistentes a infecções por *H. contortus*, apresentaram resultados parasitológicos similares aos observados em animais susceptíveis (aumento da contagem de OPG e alta carga parasitária) após a neutralização dos linfócitos CD4⁺ com a aplicação de anticorpo monoclonal anti CD4⁺, antes de serem artificialmente infectados (PEÑA *et al.*, 2006).

A ação imunológica às infecções é expressa de diferentes formas entre as raças. Cordeiros Barbados Black Belly mostraram-se mais resistentes que cordeiros INRA 401 artificialmente infectados com *H. contortus*. Após a primeira infecção, animais Barbados Black Belly apresentaram maior persistência de células Th2, assim como maior transcrição de mRNA, além de eosinofilia sanguínea elevada, menor contagem de OPG, carga parasitária, tamanho e fecundidade dos parasitas quando comparados com animais INRA 401. Após a re-infecção, animais INRA 401 apresentaram melhora da resistência à verminose, com redução significativa na maioria dos parâmetros parasitológicos observados durante a infecção primária. Resposta similar não foi observada em animais Barbados Black Belly, os quais apresentaram melhor desempenho após a infecção primária (TEREFE *et al.*, 2007a).

Ao analisar a resposta imune de animais INRA 401 artificialmente infectados com *H. contortus*, Lacroux *et al.* (2006) observaram que tanto em infecções primárias, quanto em situações de re-infecção, houve clara resposta imune Th2 no linfonodo e na mucosa abomasal dos hospedeiros, contudo, a transcrição de mRNA de nenhuma citocina pode ser diretamente relacionada ao estabelecimento, desenvolvimento ou fecundidade dos parasitas. Animais previamente infectados apresentaram expressão de mRNA IL-4 e IL-13, recrutamento de eosinófilos, mastócitos e leucócitos globulares e a

produção de anticorpos na mucosa (IgG e IgA) antes que animais infectados pela primeira vez, o mesmo ocorreu para a redução no desenvolvimento, fecundidade e produção de ovos dos parasitas. Porém, o estabelecimento de L3 foi semelhante entre animais infectados pela primeira vez e os re-infectados.

O número de eosinófilos pode aumentar drasticamente (= eosinofilia) tanto no sangue como nos tecidos após as infecções helmínticas (DAWKINS *et al.*, 1989; PFEFFER *et al.*, 1996; AMARANTE *et al.*, 1999a). A ação direta dos eosinófilos na destruição de L3 de *H. contortus* foi demonstrada *in vitro* (RAINBIRD *et al.*, 1998) e *in vivo* (BALIC, 2006).

Terefe *et al.* (2007b) estudaram a ação dos eosinófilos e células de defesa presentes no sangue de animais Barbados Black Belly, artificialmente infectados com *H. contortus*, sobre larvas em estágio L3 *in vitro*. Os autores relataram que a motilidade das larvas incubadas com eosinófilos extraídos de animais infectados foi drasticamente reduzida. As larvas que permaneceram móveis após o contato com os eosinófilos foram introduzidas cirurgicamente no abomaso de hospedeiros e, curiosamente, a maioria das larvas (75%) não se estabeleceu, o que indica que eosinófilos são muito mais funcionais no processo de resistência do que o demonstrado em testes *in vitro*. O efeito de neutrófilos e células mononucleares sobre as L3 foram menores.

Para aumentar ainda mais a complexidade do mecanismo de resistência, todas as respostas descritas anteriormente variam conforme o estado em que o hospedeiro se encontra (saúde, nutrição, estresse e fase de desenvolvimento) (DOMINIK 2005).

1.2. Fatores que interferem na resistência

1.2.1. Herdabilidade e variabilidade genética

A resistência genética às parasitoses gastrintestinais é uma característica hereditária, sendo assim, é possível o uso da mesma em programas de melhoramento genético. Uma das principais ferramentas avaliadas na seleção para resistência é a contagem de ovos por grama de fezes (OPG), característica com herdabilidade de 0,2 a 0,3. Valor este intermediário, quando comparado a parâmetros produtivos importantes como peso de velo de lã (0,4), diâmetro de fibra de lã (0,5), ganho de peso (0,4) e fertilidade (0,1) (BARGER 1989; WOOLASTON e BAKER, 1996).

Mas a seleção para resistência não depende apenas da herdabilidade das características, mas também da variabilidade desses resultados dentro do rebanho. Segundo Woolaston (1996), a variabilidade dos resultados de OPG é superior a 100%, valor excessivamente alto quando comparados à reprodução (60%) e características produtivas (7 a 15%). Porém, esta variação de resultados se comporta de forma distinta entre raças ou rebanhos diferentes e animais de uma mesma raça ou rebanho. Segundo Windon (1996) e Woolaston (1996), a variabilidade genética da resistência, assim como resultados de OPG e características produtivas (peso de velo, diâmetro da fibra de lã e peso dos animais) é maior entre animais de uma mesma raça ou rebanho. Com isso um programa de melhoramento para resistência é mais efetivo quando realizado entre animais de um mesmo rebanho.

1.2.2. Idade

Segundo Colditz *et al.* (1996) a susceptibilidade de animais jovens (até 12 meses de idade), quando comparados a animais adultos não está ligado apenas ao fato desses indivíduos não terem sido suficientemente desafiados com patógenos para

desenvolverem sua imunidade. O estresse do desmame atua como agravante que leva à susceptibilidade de animais jovens às parasitoses gastrintestinais. Os autores defendem que a principal causa da hipossensibilidade imunológica de cordeiros (4 a 8 meses) é devido às menores proporções de linfócitos CD4⁺ e CD8⁺ que animais adultos (3 a 6 anos), e quantidade similar ou superior de linfócitos e T19 no sangue. Essa deficiência no mecanismo imunológico reflete nas respostas hormonais e de células mediadoras da resistência.

1.2.3. Sexo

Estudos demonstram que fêmeas são mais resistentes às infecções parasitárias quando comparados aos machos. Em revisão bibliográfica sobre a influência do sexo sobre a resistência de ruminantes contra parasitas gastrintestinais, Barger *et al.* (1993) descreveram que ovelhas são mais resistentes a infecções naturais e artificiais por *T. colubriformis* e *H. contortus* quando comparadas a machos adultos. Os autores atribuem isso aos diferentes efeitos dos hormônios esteróides sobre a imunidade, como um efeito estimulador de estrógenos sobre as respostas imunes enquanto os andrógenos podem ter um efeito oposto.

1.2.4. Raça

Estudos demonstram que algumas raças são naturalmente mais resistentes às infecções parasitárias que outras (AMARANTE e AMARANTE, 2003), sendo este o caso das raças Florida Native e Gulf Coast Native (ovinos lanados encontrados no sul dos Estados Unidos); St. Croix e Barbados Black Belly (ovinos deslanados oriundos do Caribe); Scottish Blackface (raça escocesa) e Red Maasai (raça africana).

Em geral, raças locais caracterizam-se por apresentarem grande rusticidade, sendo consideradas mais resistentes à verminose do que animais de raças exóticas

(PRESTON e ALLONBY, 1979; WINDON *et al.*, 1996). Em estudos realizados no Brasil, cordeiros da raça Crioula Lanada, oriunda da região Sul do país, mostraram-se mais resistentes a infecções naturais com *H. contortus* quando comparados com animais Corriedale (BRICARELLO *et al.*, 2004).

No Nordeste são criados os ovinos deslanados da raça Morada Nova, os quais a partir do cruzamento com ovinos de outras raças deram origem aos ovinos deslanados da raça Santa Inês. Esta raça atualmente é a mais difundida no Estado de São Paulo e alguns estudos demonstraram maior resistência dos ovinos Santa Inês, em comparação com raças oriundas de outros continentes (AMARANTE *et al.*, 2004; ROCHA *et al.*, 2004; BRICARELLO *et al.*, 2005). No Paraná, ovelhas da raça Santa Inês mostraram-se mais resistentes à infecção natural por tricostrongilídeos que as da raça Suffolk (MORAES *et al.*, 2000) e em Nova Odessa – SP, ovelhas Santa Inês apresentaram resistência superior à de ovelhas Suffolk, Ile de France e Poll Dorset (BUENO *et al.*, 2002).

Estudos realizados em Botucatu - SP, também demonstraram maior resistência de cordeiros Santa Inês às infecções naturais por nematódeos gastrintestinais em quando comparados com cordeiros Suffolk e Ile de France (AMARANTE *et al.*, 2004). Da mesma forma, cordeiros Santa Inês artificialmente infectados com *H. contortus* se mostraram mais resistentes do que cordeiros Ile de France (BRICARELLO *et al.*, 2005). Em relação a animais adultos, ovelhas Santa Inês apresentaram maior resistência do que ovelhas Ile de France no período do parto (ROCHA *et al.*, 2004).

Portanto, os sérios problemas com a verminose poderiam ser praticamente solucionados com a criação das raças resistentes acima citadas, pois as mesmas albergam reduzido número de parasitas, que apresentam menor tamanho e menor número de ovos em seu trato reprodutivo, o que levaria à redução da contaminação das

pastagens e na infecção de novos hospedeiros, diminuindo assim a frequência de tratamentos anti-helmínticos e o desenvolvimento de resistência às drogas (WOLASTON e BARKER, 1996; BARGER 1989). Porém, um dos problemas em relação a essas raças é que elas podem apresentar características produtivas inferiores a de raças consideradas susceptíveis (WOOLASTON e BARKER, 1996). Cordeiros da raça Santa Inês, por exemplo, produzem carcaça de qualidade inferior a de animais Suffolk ou Ile de France. Em estudo realizado em Lavras – MG, Bonagurio *et al.* (2003) observaram que animais puros Santa Inês apresentaram carcaças com características físicas, como pH e cor, inferiores as observadas em carcaças de animais Texel. Diante desse fato, o ovinocultor se vê frente ao seguinte dilema: (1) criar uma raça adaptada às condições locais de criação e resistente aos parasitas, mesmo que ela seja menos produtiva ou (2) criar uma raça altamente produtiva, porém pouco adaptada ao clima e aos parasitas que ocorrem nos trópicos. Uma terceira opção para solucionar tal problema seria o cruzamento de uma raça susceptível, que apresente elevada produtividade, com uma raça resistente, porém menos produtiva.

Para driblar este impasse, é preciso o desenvolvimento de programas de melhoramento genético, que tenham como objetivo produzir animais mais resistentes e produtivos. O cruzamento pode ser utilizado para combinar e aprimorar as características de duas raças diferentes. Existe ainda a possibilidade da criação de novas raças, como foi o caso da raça Katahdin, criada nos Estados Unidos, oriunda do cruzamento das raças St. Croix (resistente) e Suffolk (susceptível) (VANIMISSETTI *et al.*, 2004). Além disso, a heterose resultante do cruzamento propicia o chamado “vigor híbrido” dos animais da geração F1. Portanto, o cruzamento frequentemente propicia oportunidade de se obter progresso em uma geração que requereria gerações de seleção para ser obtido. Contudo, deve-se tomar cuidado com os efeitos dessa seleção sobre

outros aspectos parâmetros produtivos importantes e respostas contra outros patógenos (WINDON *et al.*, 1996). Para isso, programas de cruzamento estão sendo realizados no intuito de avaliar o grau de resistência e a ação sobre a produtividade desses animais (LI *et al.*, 2001; MUGAMBI *et al.*, 2005; HIELSCHER *et al.*, 2006).

1.3. Efeito do cruzamento na resistência e produção animal

Alguns experimentos foram realizados com o objetivo de comparar a resistência e a produtividade de animais oriundos do cruzamento entre raças resistentes e susceptíveis. Nos Estados Unidos, Li *et al.* (2001), ao compararem a resistência de cordeiros Suffolk, Gulf Coast Native e F1 ($\frac{1}{2}$ Suffolk x $\frac{1}{2}$ Gulf Coast Native) às infecções parasitárias, verificaram que animais Suffolk apresentaram valores de OPG mais elevados e valores de volume globular (VG) mais baixos. O oposto ocorreu com cordeiros Gulf Coast Native. Animais F1 apresentaram valores intermediários aos observados em animais puros Suffolk e Gulf Coast Native, para a maioria das variáveis avaliadas. Os resultados sugerem que o cruzamento de animais das raças Suffolk e Gulf Coast Native pode ser uma maneira rápida de produzir cordeiros mais resistentes às infecções por nematódeos gastrintestinais, porém com algum comprometimento da produtividade.

Em relação ao padrão de resistência apresentado por animais de diferentes idades provenientes do cruzamento entre raças resistentes e susceptíveis, Amarante *et al.* (1999a) observaram que cordeiros F1 ($\frac{1}{2}$ Florida Native x $\frac{1}{2}$ Rambouillet) e Rambouillet foram mais susceptíveis às infecções artificiais por *H. contortus* do que cordeiros Florida Native. Paradoxalmente, fêmeas adultas F1 foram tão resistentes às infecções por nematódeos gastrintestinais quanto as Florida Native (AMARANTE *et al.*, 1999b). Nesse experimento, as ovelhas Rambouillet mostraram-se bastante

susceptíveis às infecções. Os resultados demonstraram que os animais F1 foram susceptíveis enquanto jovens, mas com grande habilidade para desenvolver resistência na idade adulta.

Na França, Gruner *et al.* (2003) avaliaram a resistência de animais puros Black Belly e a raça produzida na França, INRA 401 e de animais produtos do cruzamento entre as duas raças (Black Belly x INRA 401) a infecções artificiais com L3 de *H. contortus*, *Trichostrongylus colubriformis* e *Teladorsagia circumcincta*. Observou-se que, para *H. contortus* e *T. colubriformis*, animais cruzados apresentaram resistência intermediária, mais próxima à raça resistente, Black Belly, após a segunda infecção. Para *T. circumcincta* não houve produção de ovos em animais Black Belly e os valores de OPG entre INRA 401 e animais híbridos foram semelhantes. Devido ao número reduzido de animais puros Black Belly no rebanho francês, apenas animais INRA 401 e F1 foram abatidos para avaliar a carga parasitária. Para *H. contortus* e *T. colubriformis*, animais F1 apresentaram parasitas fêmeas com menor tamanho e com menor número de ovos em seu trato reprodutivo, ainda, observou-se em animais F1, maior número de parasitas em estágio L4, caracterizando maior resistência às infecções, quando comparados a animais INRA 401. Para *T. circumcincta*, não houve diferença no tamanho dos parasitas, porém, novamente animais F1 apresentaram maior número de parasitas em estágio L4, caracterizando-se mais eficiente em retardar a evolução do ciclo do parasita que animais INRA 401.

A alta demanda por proteína animal e suas restrições na Índia, fez com que Nimbkar *et al.* (2003) realizassem um trabalho com a finalidade de aumentar a prolificidade de raças ovinas nacionais presentes na região de Deccan. Assim, a raça Deccani foi cruzada com as raças nacionais, Banner e Garole, comuns em outras regiões indianas. Os autores avaliaram também a influência da raça utilizada como reprodutores

ou matrizes. Os resultados demonstram que o cruzamento com reprodutores Garole promoveu redução no ganho de peso e peso final quando comparados com a raça Deccani, contudo, os animais híbridos foram mais resistentes às infecções gastrintestinais naturais ou artificiais com *H. contortus*. A resistência também foi observada no cruzamento com reprodutores Banner, com queda da produção de lã. Ainda, o aumento da prolificidade foi alcançado com o uso do cruzamento com animais Garole.

Em estudo realizado com animais naturalmente infectados das raças Red Maasai, Dorper e o híbrido Red Maasai x Dorper, na região tropical do Quênia, observou-se que a raça Red Maasai foi mais resistente e tolerante do que animais Dorper. Animais cruzados apresentaram aumento na proporção dos genes resistentes associados com a redução na contagem de OPG e aumento do VG, contudo, não houve sinais de heterose significativos nos valores transformados (Log) da contagem de OPG e VG. Animais Dorper apresentaram peso levemente superior e maior mortalidade de cordeiros quando comparados a animais Red Maasai. A herdabilidade dos valores transformados de OPG foi maior em Red Maasai que a observada em animais Dorper. Estes resultados são bastante importantes na seleção intra rebanho/raça para resistência. BAKER *et. al.* (2003) sugerem que animais Red Maasai devem ser selecionados para resiliência ou tolerância (VG) enquanto animais Dorper podem ser selecionados tanto para resistência (OPG) quanto para tolerância (VG). Em relação ao tipo de seleção, dependerá do objetivo da produção. Por exemplo, não é aconselhável selecionar animais Red Maasai de grande porte, já que esta é uma raça bem adaptada a regiões tropicais, onde ocorre escassez em quantidade e qualidade de alimentos. Já na seleção de animais Dorper, regularmente destinados a produção de cordeiros para abate, deve-se tomar cuidado com a idade que os animais serão selecionados para ganho de peso, que não deve ser maior

que 4 a 6 meses. Geralmente o desempenho produtivo de animais Dorper é bastante superior ao de animais Red Maasai (MUGAMBI *et al.*, 2005), contudo, neste estudo os animais apresentaram-se mais leves devido à região e clima onde a raça foi desenvolvida. Animais da raça Dorper são oriundos de regiões áridas e não se adaptaram ao clima úmido da região. O clima também influenciou na alta taxa de mortalidade dos cordeiros desta última raça.

Mugambi *et al.* (2005) analisaram a performance fenotípica de animais Red Maasai (RM), Dorper (DO) e animais F2 (“double backcross”), ou seja, animais $\frac{1}{2}$ sangue Red Maasai x $\frac{1}{2}$ Dorper, cruzados com reprodutores Red Maasai ou Dorper, produzindo cordeiros $\frac{3}{4}$ Red Maasai ou $\frac{3}{4}$ Dorper. Quando infectados naturalmente, animais Red Maasai e $\frac{3}{4}$ Red Maasai foram mais resistentes (menor OPG) e tolerantes (maior VG) que animais Dorper e $\frac{3}{4}$ Dorper. Produtivamente, animais Dorper são mais pesados que animais Red Maasai, o mesmo ocorre entre os animais cruzados, onde $\frac{3}{4}$ Dorper apresentaram ganho de peso superior a animais com maior proporção de sangue Red Maasai. Ainda, a diferença dos resultados de OPG e peso entre animais Red Maasai e Dorper cruzados foram a metade do apresentado por animais puros, o que indica ação gênica aditiva. Em relação à mortalidade pré desmama, animais $\frac{3}{4}$ Dorper apresentaram mortalidade superior a animais $\frac{3}{4}$ Red Maasai em caso de partos múltiplos, o mesmo não foi observado para partos normais. Resultados semelhantes foram observados nas mortes pós desmama, causadas por hemoncose. O fato de este estudo ter sido realizado na região semi-árida do Quênia, à qual a raça Dorper é aclimatada, proporcionou resultados produtivos desta raça superiores aos observados no experimento anterior.

Para Hielscher *et al.* (2006), em estudo realizado na Alemanha, a escolha da raça materna influenciou nos resultados obtidos por animais F1, artificialmente infectados com *H. contortus*, oriundos do cruzamento entre a raça susceptível Rhoe (Rh) e a

resistente Merino Land (ML). Ao analisar os parâmetros produtivos como, ganho de peso total, diário e rendimento de carcaça, ambos os cruzamentos apresentaram valores intermediários às raças base, contudo, resultados apontam que o cruzamento favoreça mais o grupo Rh x ML. Para parâmetros parasitológicos, animais MI x Rh apresentaram maior contagem de OPG e menor valor VG que animais Rh x ML. Novamente a heterose favoreceu animais Rh x ML. Ainda, estes animais apresentaram resultados superiores às raças puras. Os autores sugerem que há um efeito materno positivo ao utilizar matrizes da raça resistente ML nos cruzamentos. Ainda, defendem o uso do cruzamento para aumentar a resistência com o objetivo de reduzir o uso de anti-helmínticos, mantendo bons níveis produtivos.

No Brasil, Amarante *et al.* (2009), ao estudarem o cruzamento de matrizes da raça nacional Santa Inês, comprovadamente resistente às infecções gastrintestinais, contudo, pouco produtiva, com reprodutores de raças exóticas susceptíveis (Dorper, Ile de France, Sullfolk e Texel) mas amplamente utilizadas nos rebanhos devido sua produtividade, descreveram aumento na produtividade de animais e a manutenção de um grau satisfatório de resistência à infecção natural quando comparados à raça base Santa Inês.

1.4. Selecionar para resistência ou tolerância?

O nível de resistência em uma raça/rebanho é analisado através dos resultados de OPG, devido sua comprovada correlação positiva com o valor da carga parasitária. A tolerância, por outro lado, apóia-se nos valores de VG (análise funcional apenas para parasitas hematófagos) e na comparação de resultados produtivos (ganho de peso ou produção de lã) entre animais infectados e não infectados (BAKER *et al.*, 2003). Ainda, na Nova Zelândia, utiliza-se o registro do número de vezes que o animal foi submetido

há tratamentos anti-helmínticos na seleção para tolerância. Resultados demonstram que a tolerância é expressa mais cedo, aos 2 meses de idade, enquanto a resistência apenas aos 4-5 meses (BAKER *et al.*, 2003).

Animais tolerantes apresentam maior produtividade, porém, albergam grande número de parasitas em seu trato gastrointestinal, atuando como fontes constantes de infecção da pastagem e conseqüentemente, do rebanho que dela se alimenta.

Apesar de todos os pontos positivos apresentados em defesa da seleção para resistência, é preciso tomar cuidado na hora de tomar a decisão. É necessário analisar qual o principal parasita presente na região, isso porque diferentes gêneros promovem diferentes respostas à infecção. Em infecções por parasitas dos gêneros *Ostertagia* e *Trichostrongylus*, alguns animais apresentam reação de hipersensibilidade às L3, caracterizada pela inflamação no piloro e jejuno superior devido o aumento da infiltração de eosinófilos, redução do número de células CD8+ e aumento de células CD4+, que leva a um quadro de diarreia (LARSEN *et al.*, 1999). Contudo, em estudo realizado na Austrália com animais Merino, Jacobson *et al.* (2009) observaram que alguns rebanhos apresentaram maior prevalência de diarreia, onde detectou-se baixa contagem de OPG e maior concentração de parasitas em estágio L4 inicial. Concluiu-se que animais resistentes à infecção por estes gêneros apresentaram como resposta imune à infecção, aumento da incidência de diarreia. Tal mecanismo torna inviável a produção de lã, impossibilitando a comercialização do velo. Neste caso, a seleção por hospedeiros tolerantes à infecção seria mais apropriada, pois apresentariam menor resposta à infecção, diminuindo a incidência de diarreia.

Devido seu hábito alimentar hematófago, parasitas do gênero *Haemonchus* são responsáveis por grandes perdas na produção de um rebanho. Segundo Anderson *et al.* (1982), um parasita adulto dessa espécie se alimenta de cerca de 0,05 ml de sangue/dia.

Em uma infecção pesada, os hospedeiros perdem uma grande quantidade de sangue, sendo necessária uma suplementação de nutrientes para reparar o dano. Segundo Liu *et al.* (2005), animais jovens, artificialmente infectados com *Trichostrongylus colubriformis* e uma espécie de parasita também de hábito alimentar hematófago, *Ostertagia circumcincta*, apresentam exigências diárias extra de 4% de energia metabolizável e 5% de proteína bruta metabolizável durante o período de manutenção para o reparo dos danos teciduais causados pelos parasitas, aumentando assim, o custo da produção. Portanto, em áreas onde *H. contortus* é predominante, é recomendável a seleção de indivíduos resistentes, no intuito de reduzir os custos da produção.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do cruzamento é comprovadamente uma ferramenta eficiente para aumentar a resistência de animais susceptíveis às infecções gastrintestinais, atuando diretamente na redução do uso de anti-helmínticos e do desenvolvimento de parasitas com resistência aos mesmos. Contudo, alguns cuidados devem ser tomados antes de iniciar este manejo, como por exemplo, a escolha das raças a serem utilizadas no cruzamento e a ação do cruzamento na produção e sanidade do rebanho.

Em todos os experimentos acima citados, os resultados dos cruzamentos levaram à melhora na resistência, porém, este benefício vem atrelado a um decréscimo na produção (ganho de peso, produção de lã, etc.) que pode ser ínfimo, ou significativamente prejudicial ao produtor. Por isso se faz necessário a realização de uma análise econômica para cada caso, cada região, cada propriedade.

Em áreas onde a verminose é a grande causa de perdas econômicas, a queda na produção do rebanho gerada pelo cruzamento com raças mais resistentes é menor que a causada pelo parasitismo, dessa forma, o cruzamento passa a ser recomendável. Por

outro lado, em regiões ou propriedades onde a produção de alimento ou a aquisição dos mesmos é escassa ou de difícil acesso, seja em quantidade ou qualidade, o cruzamento com raças mais produtivas não é uma boa opção, haja vista, que estes animais são mais exigentes nutricionalmente, e suas necessidades não serão supridas ou causarão grande aumento no custo da produção.

Porém, é necessário alertar aos produtores que não é possível concentrar em apenas um ponto do manejo para melhorar a produtividade na propriedade. É um erro comum entre ovinocultores nacionais investir em manejos de melhoramento genético, e deixarem de lado outro ponto importante na produção, a nutrição. O animal não conseguirá expressar todo seu valor genético, seja para resistência, produção ou qualquer outra característica zootécnica, se o mesmo não receber a quantidade adequada de nutrientes necessária, isso porque a destinação dos nutrientes ingeridos por um animal segue uma ordem de prioridade, a manutenção vem como a primeira da lista, pois é essencial para a sobrevivência do animal, enquanto crescimento e reprodução vêm em segundo lugar. Ainda, segundo autores, a expressão da imunidade contra nematódeos vem depois das prioridades anteriormente relatadas, e é dependente de suplementação protéica.

É impossível utilizar uma receita pronta destinada a solucionar os problemas de todas as propriedades. Os custos e benefícios de cada opção devem ser analisados de forma criteriosa.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, A. F. T., SUSIN, I., ROCHA, R. A., SILVA, M. B., MENDES, C. Q., PIRES, A. V. Resistance of Santa Ines and crossbred ewes to naturally acquired gastrointestinal nematodes infections. **Vet. Parasitol.**, v.108, p.99-107, 2009.
- AMARANTE, A. F. T.; BRICARELLO, P. A.; ROCHA, R. A.; GENNARI, S. M. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France lambs to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. **Vet. Parasitol.**, v.120, p.91-106, 2004.
- AMARANTE, A. F. T.; AMARANTE, M. R. V. Breeding sheep for resistance to nematode infections. **J. Anim. Vet. Adv.**, v.2, p.147-161, 2003.
- AMARANTE, A. F. T.; CRAIG, T. M.; RAMSEY, W. S.; DAVIS, S. K.; BAZER, F. W. Nematode burdens and cellular responses in the abomasal mucosa and blood of Florida Native, Rambouillet and crossbreed lambs. **Vet. Parasitol.**, v.80, p.311-324, 1999a.
- AMARANTE, A. F. T.; CRAIG, T. M.; RAMSEY, W. S.; SAYED, N. M. E.; DESOUKI, A. Y.; BAZER, F. W. Comparison of naturally acquired parasite burdens among Florida Native, Rambouillet and crossbred ewes. **Vet. Parasitol.**, v.85, p.61 - 69, 1999b.
- ANDERSON, N. Internal parasites of sheep and goats. In: COOP, I.E. (ed). Sheep and goat production. **World Animal Science**, C1. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier, p.175-191, 1982.
- BALIC, A.; Cunningham, C. P.; Meeusen, E. N. T. Eosinophil interactions with *Haemonchus contortus* larvae in the ovine gastrointestinal tract. **Parasite Immunol.**, v.28, p.107-115, 2006.

BALIC, A., BOWLES, V. M., MEEUSEN, E. N. T. The immunobiology of gastrointestinal nematode infections in ruminants. **Adv. Parasitol.**, v.45, p.181-241, 2000.

BAKER, R. L., NAGDA, S., RODRIGUEZ-ZAS, S. L., SOUTHEY, B. R., AUDHO, J, O., ADUBA, E. O., THORPE, W. Resistance and resilience to gastro-intestinal nematode parasites and relationship with productivity of Red Maasai, Dorper and Red Maasai x Dorper crossbred lambs in the sub-humid tropics. **Anim. Sci**, v.76, p.119-136, 2003

BARGER, I.A. Genetic resistance of hosts and its influence to gastro-intestinal parasites in sheep. **Anim. Sci.**, v. 64, p. 423-428, 1989

BEHNKE, J.M., IRAQI, F., MENGE, D., BAKER, R.L, GIBSON, J., WAKELIN, D. Chasing the genes that control resistance to gastrointestinal nematodes. **J. Helmint.** v. 77, p. 99-109, 2003

BRICARELLO, P. A., AMARANTE, A. F. T., ROCHA, R. A., CABRAL FILHO, S. L., HUNTLEY, J. F., HOUDIJK, J. G. M., ABDALLA, A. L., GENNARI, S. M. Influence of dietary protein supply on resistance to experimental infections with *Haemonchus contortus* in Ile de France and Santa Ines lambs. **Vet. Parasitol.**, v.134, p.99-109, 2005.

BRICARELLO, P. A.; GENNARI, S. M.; OLIVEIRA-SEQUEIRA, T. C. G.; VAZ, C. M. S. L.; GONÇALVES DE GONÇALVES, I.; ECHEVARRIA, F. A. M. Worm burden and immunological responses in Corriedale and Crioula Lanada sheep following natural infection with *Haemonchus contortus*. **Small Rumin. Res.**, v.51, p.73-81, 2004.

BONAGIO, S.; PÉREZ, J.R.O.; GARCIA, I.F.F.; BRESSAN, M.C.; LEMOS, A.L.S.C. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com texel abatidos com diferentes pesos. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.6, p.1981-1991 (suplem. 2), 2003

BUENO, M. S.; CUNHA, E. A.; VERÍSSIMO, C. J.; SANTOS, L. E.; LARA, M. A. C.; OLIVEIRA, S. M.; SPÓSITO FILHA, E.; REBOUÇAS, M. M. Infecção por nematodos em razas de ovelhas carnicas criadas intensivamente em la região del sudeste del Brasil. **Arch. Zootec.**, v.51, p.273-280, 2002.

COLDITZ, I.G., WATSON, D.L., GRAY, G.D., EADY, S.J. Some relationships between age, immune responsiveness and resistance in ruminants. **Int. J. Parasitol.** v.26, p. 869-877, 1996

DAWKINS, H. J. S.; WINDON, R. G.; EAGLESON, G. K. Eosinophil responses in sheep selected for high and low responsiveness to *Trichostrongylus colubriformis*. **Int. J. Parasitol.**, v.19, p.199-205, 1989.

DOMINIK, S. Quantitative trait loci for internal nematode resistance in sheep: a review. **Genet. Sel. Evol.** v. 37, p. 83-96, 2005.

GETACHEW, T.; DORCHIES, P.; JACQUIET, P. Trends and challenges in the effective and sustainable control of *Haemonchus contortus* infection in sheep. Review. **Parasite**, v.14, p.3-14, 2007.

GILL, H. S.; ALTMANN, K.; CROSS, M. L.; HUSBAND, A. J. Induction of T helper 1- and T helper 2-type immune responses during *Haemonchus contortus* infection in sheep. **Immunology**, v.99, p.458-463, 2000.

GILL, H. S.; GRAY, G. D.; WATSON, D. L.; HUSBAND, A. J. Isotype-specific antibody responses to *Haemonchus contortus* in genetically resistant sheep. **Parasite Immunol.**, v.15, p.61-67, 1993.

GONZÁLEZ JF, HERNÁNDEZ A, MOLINA JM, FERNÁNDEZ A, RAADSMA HW, MEEUSEN EN, PIEDRAFITA D. Comparative experimental *Haemonchus contortus* infection of two sheep breeds native to the Canary Islands. **Vet. Parasitol.** v. 153, 3-4, p. 374-378, 2008

GRUNER, L., AUMONT, G., GETACHEW, T., BRUNEL, J.C., PERY, ., COGNIÉ, Y., GUÉRIN, Y. Experimental infection of Black Belly and INRA 401 straight and crossbred sheep with trichostrongyle nematode parasites. **Vet. Parasitol.** v 116, p. 239-249, 2003

HALLIDAY, A. M., ROUTLEDGE, C. M., SMITH, S. K., MATTHEWS, J. B., SMITH. W. D. Parasite loss and inhibited development of *Teladorsagia circumcincta* in relation to the kinetics of the local IgA response in sheep. **Paras. Immun.**, v.29, Issue 8, p. 425-434, 2007.

HIELSCHER, A.; BRANDT, H.; ERHARDT, G.; GAULY, M. Heterosis analysis of *Haemonchus contortus* resistance and production traits in Rhoe sheep, Merino Land sheep and crossbred lambs. **Vet. Parasitol.**, v.141, p. 279-284, 2006

HOHENHAUS, M.A., OUTERIDGE, P.M. The immunogenetics of resistance to *Trichostrongylus colubriformis* and *Haemonchus contortus* parasites in sheep. **Br. Vet. J.**, v. 151, p.119-141, 1995

JACOBSON, C., KEVIN, B., FORSHAW, D., BASIER, B. Association between nematode larvae and ‘low egg count diarrhea’ in sheep in Western Australia. **Vet. Parasitol.** v. 165, p. 66-73, 2009

JOANNA M. KEMP, NICHOLAS A. ROBINSON, ELS N.T. MEEUSEN AND DAVID M. PIEDRAFITA. The relationship between the rapid rejection of *Haemonchus contortus* larvae with cells and mediators in abomasal tissues in immune sheep. **Int. J. Parasitol.** v. 39, 14, p. 1589-1594, 2009

KARANU, F. N.; MCGUIRE, T. C.; DAVIS, W. C.; BESSER, T. E.; JASMER, D. P. CD4⁺ T lymphocytes contribute to protective immunity induced in sheep and goats by *Haemonchus contortus* gut antigens. **Parasite Immunol.**, v.19, p.435-445, 1997

- LACROUX C, NGUYEN TH, ANDREOLETTI O, PREVOT F, GRISEZ C, BERGEAUD JP, GRUNER L, BRUNEL JC, FRANCOIS D, DORCHIES P, JACQUIET P. *Haemonchus contortus* (Nematoda: *Trichostrongylidae*) infection in lambs elicits an unequivocal Th2 immune response. **Vet Res.**; 607-622, 2006
- LARSEN, J.W.A., ANDERSON, N., VIZARD, A.L. The pathogenesis and control of diarrhea and breech soiling in adult Merino sheep. **Int. J. Parasitol.** v.29, p. 893-902, 1999
- LI, Y.; MILLER, J.E.; FRANKE, D.E. Epidemiological observations and heterosis analysis of gastrointestinal nematode parasitism in Suffolk, Gulf Coast Native, and crossbred lambs. **Vet. Parasitol.**, v.98, p.273-283, 2001.
- LIU, S. M.; SMITH, T. L.; KARLSSON, L. J. E.; PALMER, D. G.; BESIER, R. B. The cost for protein and energy requirements by nematode infection and resistance in Merino sheep. **Livest. Prod. Sci.**, v.97, p.131- 139, 2005
- MORAES, F. R.; THOMAZ-SOCCOL, V.; ROSSI, JR., P.; WOLFF, F. M.; CASTILHO, G. G. Susceptibilidade de ovinos das raças Suffolk e Santa Inês à infecção natural por trichostrongilídeos. **Arch. Vet. Sci.**, v.6, p.63-69, 2000.
- MUGAMBI, J. M.; AUDHO, J. O.; BAKER, R. L. Evaluation of the phenotypic performance of a Red Maasai and Dorper double backcross resource population: natural pasture with gastro-intestinal nematode parasites. **Small Rumin. Res.**, v.56, p.239-251, 2005.
- NIMBKAR, C.N., GHALSASI, P.M., SWAN, A.A., WALKDEN-BROWN, S.W., KAHN, L.P. Evaluation of growth rates and resistance to nematodes of Deccani and Bannur lambs and their crosses with Garole. **An. Science**, v.76, p.503-515, 2003

PFEFFER, A.; DOUCH, P. G. C.; SHAW, R. J.; GATEHOUSE, T. K.; RABEL, B.; GREEN, R. S.; SHIRER, C. L.; JONAS, W. E.; BISSET, S. Sequential cellular and humoral responses in the abomasal mucosa and blood of Romney sheep dosed with *Trichostrongylus axei*. **Int. J. Parasitol.**, v.26, p.765-773, 1996.

RAINBIRD, M. A.; MACMILLAN, D.; MEEUSEN, E. N. T. Eosinophil-mediated killing of *Haemonchus contortus* larvae: effect of eosinophil activation and role of antibody, complement and interleukin-5. **Parasite Immunol.**, v.20, p.93-103, 1998.

ROCHA, R. A.; AMARANTE, A. F. T.; BRICARELLO, P. A. Influence of reproduction status on susceptibility of Santa Inês and Ile de France ewes to nematode parasitism. **Small Rumin. Res.**, v.55, p.65-75, 2004.

STEAR, M. J.; MURRAY, M. Genetic resistance to parasitic disease: particularly of resistance in ruminants to gastrointestinal nematodes. **Vet. Parasitol.**, v.54, p.161-176, 1994.

STRAIN, S. A. J.; STEAR, M. J. The influence of protein supplementation on the immune response to *Haemonchus contortus*. **Parasite Immunol.**, v.23, p. 527-531, 2001.

TEREFE G, LACROUX C, ANDREOLETTI O, GRISEZ C, PREVOT F, BERGEAUD JP, PENICAUD J, ROUILLON V, GRUNER L, BRUNEL JC, FRANCOIS D, BOUIX J, DORCHIES P, JACQUIET P. Immune response to *Haemonchus contortus* infection in susceptible (INRA 401) and resistant (Barbados Black Belly) breeds of lambs. **Parasite Immunol.**, v.29, 8, p.415-424, 2007a.

TEREFE G, GRISEZ C, PREVOT F, BERGEAUD JP, DORCHIES P, BRUNEL JC, FRANÇOIS D, FOURQUAUX I, JACQUIET P. In vitro pre-exposure of *Haemonchus contortus* L3 to blood eosinophils reduces their establishment potential in sheep. **Vet Res.**, v.38, 4, p.647-654, 2007b.

VANIMISETTI, H.B., GREINER, S.P., ZAJAC, A. M., NOTTER. D. R. Performance of hair sheep composite breeds: Resistance of lambs to *Haemonchus contortus*. **J Anim Sci.** v. 82, p.595-604, 2004

WINDON, R.G. Genetic control of resistance to helminthes in sheep. **Vet. Immunol. Immunopat.**, v.54, p.245-254, 1996

WOOLASTOM, R.R., BAKER, R.L. Prospects of breeding small ruminants for resistance to internal parasites. **Int. J. Parasitol.** v 26, p 845-855, 1996

WOOLASTON, R.R. Increasing resistance by selection. **Sust. Paras. Cont. Small Rum.** v 74, p. 22-25, 1996

CAPÍTULO 2²

² O artigo a seguir está redigido de acordo com as exigências para publicação na revista *Veterinary Parasitology*, excetuando-se o idioma.

Resistência de cordeiras Santa Inês, Ile de France e animais mestiços a infecções artificiais com *Haemonchus contortus*.

M. B. Silva a, I. Susin b, R.A. Rocha a, C.Q. Mendes b, A.V. Pires b, A.F.T. Amarante a

a UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Parasitologia, Instituto de Biociências, Caixa Postal 510, Botucatu, SP, CEP 18618-000, Brasil

b USP – Universidade de São Paulo, Departamento de Zootecnia – ESALQ, Piracicaba, SP, CEP 13418-900, Brasil

- Autor correspondente: Tel: +55 14 3811 6239; fax: +55 14 3815 3744

E-mail: Amarante@ibb.unesp.br

RESUMO

Este estudo foi conduzido no intuito de avaliar a resistência e o desempenho produtivo de cordeiras Santa Inês (SI), Ile de France (IF) e animais produtos do cruzamento entre Santa Inês e as raças Dorper (DOxSI), Ile de France (IFxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI) artificialmente infectadas por *Haemonchus contortus*. Foram utilizadas 108 cordeiras com idade inicial de três meses. O experimento foi dividido em duas fases. Na primeira fase (18/Setembro/2007 a 19/Dezembro/2007) os animais foram infectados com 500 larvas em estágio L3, três vezes por semana, totalizando 20500 larvas. Após um período de 26 dias de suspensão das infecções, iniciou-se a segunda fase (14/Janeiro/2008 a 11/Fevereiro/2008), quando os animais foram desafiados com uma dose única de 10000 L3, seguido de infecções sequenciadas com 1000 L3, totalizando 21000 larvas. Ao final do experimento totalizou-se 41.500 L3 administradas a cada animal. Animais controles foram mantidos livres de infecções helmínticas. Inicialmente as cordeiras receberam dieta de 16% PB, na proporção 90% concentrado e 10% volumoso *ad libitum*, na segunda fase a dieta passou a ser restrita, na proporção 50% de concentrado e 50% de volumoso. A cada quatorze dias, foram realizados exames parasitológicos e hematológicos, além de avaliar o desempenho dos animais. Ao final do experimento, os animais foram sacrificados para a contagem da carga

parasitária e para a colheita de amostras de tecido e muco do abomaso para análises histológicas e imunológicas. Resultados parasitológicos e produtivos apontaram os animais SUxSI como os mais susceptíveis. Animais IF mostraram-se ineficientes em impedir o estabelecimento e desenvolvimento da infecção, contudo, seu desempenho produtivo foi superior ao dos outros grupos genéticos, sendo assim classificados como tolerantes à infecção. Animais SI foram os mais resistentes, com reduzida contagem de OPG e carga parasitária e resultados hematológicos superiores aos demais grupos genéticos, porém, apresentaram baixo desempenho produtivo. Animais cruzados apresentaram valores intermediários, se mostrando mais resistentes que a raça IF e com ganho de peso superior ao dos animais SI. A adoção do cruzamento foi eficiente no intuito de produzir animais mais resistentes e desempenho produtivo satisfatório.

Palavras-chave: cruzamento; resistência genética; ovinos

1. Introdução

O parasitismo por nematódeos gastrintestinais é um dos principais problemas sanitários enfrentado nas criações de ovinos, sendo responsáveis por grandes perdas econômicas devido à redução na produtividade, mortalidade de animais, gastos com anti-helmínticos e mão de obra. Com a disseminação de populações de parasitas resistentes aos anti-helmínticos existentes no mercado (Getachew et al., 2007) tornou-se imprescindível o desenvolvimento de técnicas que visem reduzir a dependência da utilização dessas drogas para a profilaxia das infecções. A seleção e a criação de raças de ovinos naturalmente resistentes às infecções por nematódeos gastrintestinais é uma alternativa que leva à redução do uso de anti-helmínticos, uma vez que a habilidade dos ovinos adquirirem e expressarem imunidade contra os parasitas é controlada

geneticamente e varia substancialmente entre as diferentes raças (Stear & Murray, 1994).

No Nordeste do Brasil são criados os ovinos deslanados da raça Morada Nova, os quais a partir do cruzamento com ovinos de outras raças deram origem aos ovinos deslanados da raça Santa Inês. Esta raça atualmente é a mais difundida no Estado de São Paulo e alguns estudos demonstraram maior resistência de animais Santa Inês quando comparados com animais de raças oriundas de outros continentes, quando submetidos a infecções naturais (Moraes et al., 2000, Bueno et al., 2002; Amarante et al., 2004; Rocha et al., 2004) ou artificiais (Bricarello et al., 2005).

Porém, animais de raças consideradas resistentes ao parasitismo apresentam características produtivas inferiores a de raças consideradas susceptíveis (Woolaston & Barker, 1996), o que as tornam pouco atrativas aos produtores de cordeiros para abate. Cordeiros da raça Santa Inês, por exemplo, produzem carcaça de qualidade inferior a de animais Suffolk ou Ile de France. Diante desse fato, o ovinocultor se vê frente ao seguinte dilema: (1) criar uma raça adaptada às condições locais de criação e resistente aos parasitas, mesmo que ela seja menos produtiva ou (2) criar uma raça altamente produtiva, porém pouco adaptada ao clima e aos parasitas que ocorrem nos trópicos. Uma terceira opção para solucionar tal problema seria o cruzamento de uma raça susceptível, que apresente elevada produtividade, com uma raça resistente, porém menos produtiva, aprimorando as características de duas raças diferentes

O cruzamento entre raças promove o aprimoramento das características de duas raças diferentes, produzindo descendentes com características superiores à média dos pais. É o chamado “vigor híbrido” ou heterose dos animais da geração F1, propiciando a oportunidade de se obter progresso em uma geração que requereria gerações de seleção para ser obtido.

Devido a sua maior resistência à verminose (Amarante et al., 2004; Bricarello et al., 2005), muitos ovinocultores têm cruzado matrizes Santa Inês com reprodutores de raças ovinas especializadas em produção de carne, tais como, Ile de France, Suffolk, Texel e Dorper, a fim de aprimorar a qualidade da carcaça de cordeiros. Por essa razão, no presente estudo avaliou-se o grau de resistência e o desempenho produtivo de animais puros Santa Inês, Ile de France e de animais oriundos do cruzamento da raça Santa Inês com ovinos das raças citadas acima.

2. Material e Métodos

2.1. Descrição do Experimento

A fase do experimento que envolveu a infecção dos animais foi realizada no Departamento de Zootecnia (LZT) da ESALQ – USP, localizado no município de Piracicaba – SP. As atividades laboratoriais foram realizadas no Departamento de Parasitologia – IB – UNESP, Campus de Botucatu.

Foram utilizadas 108 cordeiras, distribuídas em blocos completamente casualizados, com base no peso dos animais ao início do experimento, em arranjo fatorial 6 x 2, seis grupos genéticos e dois tratamentos (infectadas artificialmente com *H. contortus* ou controle, livres de infecções helmínticas). As cordeiras tinham idade inicial de aproximadamente três meses, das raças Santa Inês (SI) e Ile de France (IF), assim como produtos oriundos do cruzamento entre a raça Santa Inês e as raças Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI). Cada grupo genético constituía-se de 18 animais. Com exceção das cordeiras puras Ile de France, todos os animais foram produzidos no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ – USP, Estado de São Paulo, Brasil. As fêmeas Ile de

France foram adquiridas em duas propriedades particulares de criação de ovinos da referida raça, localizadas no Estado de São Paulo, nos municípios de São Manuel (n=12) e São Miguel Arcanjo (n=6). Para a produção das cordeiras, foram empregados dez carneiros reprodutores de cada uma das raças citadas anteriormente. Foi registrada a data de nascimento, o peso ao nascimento e a desmama, o tipo de parto (simples ou gemelar) e a identificação paterna e materna de cada uma das cordeiras. Isto permitiu a formação de grupos homogêneos para cada grupo genético.

Os animais foram submetidos ao manejo sanitário e alimentar usual do SIPOC. No final da gestação as ovelhas foram confinadas, onde permaneceram com as cordeiras até a desmama, realizada 60 dias após o parto. As ovelhas foram vacinadas contra as Clostridioses (Sintoxan Polivalente® - Merial) e contra Salmonelose e Pasteurelose (Laboratório Prado S.A.) no terço final da gestação e as cordeiras foram vacinadas 15 dias antes da desmama.

Durante o período de amamentação as cordeiras foram suplementadas com concentrado contendo 18% de proteína bruta (PB) através do sistema de “creep feeding”. Após a desmama, as cordeiras permaneceram confinadas durante todo o experimento. Os animais foram alimentados com ração livre de contaminação por larvas infectantes de nematódeos gastrintestinais, contendo 16% de proteína bruta, constituída de feno e concentrado nas proporções de 10% e 90%, respectivamente. O concentrado foi formulado com farelo de soja, milho e suplemento mineral. Na ração foi acrescentada monensina sódica (25 ppm; Rumensin®, Elanco) até a 17ª semana, no intuito de prevenir a ocorrência de eimeriose. Inicialmente, a quantidade de alimento fornecido diariamente correspondia a aproximadamente 3% do peso vivo dos animais, ofertada *ad libitum*. A quantidade oferecida era ajustada de acordo com o consumo dos

animais em dois dias. Uma vez por semana realizava-se a retirada e a pesagem das sobras de ração, para determinação do consumo diário de matéria seca por baia.

Os animais foram mantidos em 36 baias (3 animais/baia) onde tiveram livre acesso a bebedouros com água potável e cochos com suplementação mineral.

Ao final da primeira fase do experimento, alguns animais apresentaram morte súbita por causa indeterminada. Devido a suspeita de clostridiose optou-se por revacinar todo o rebanho. Alguns desses animais apresentaram rúmen com características semelhantes às observadas em casos de acidose ruminal, por esse motivo, optou-se por dividir o fornecimento de alimentação em duas partes. Metade da ração foi oferecida no período da manhã e a outra metade, nove horas depois (Owens, 2007). Um animal SUxSI, do grupo infectado foi removido do experimento após apresentar sintomas nervosos agudos. Os dados destes animais não foram incluídos na análise estatística. Por isso, foram utilizados dados de 99 cordeiras no total, sendo: 9 (SI), 7 (IF), 8 (DOxSI), 9 (IFxSI), 8 (SUxSI) e 9 (TExSI) do grupo controle e 9 (SI), 8 (IF), 8 (DOxSI), 8 (IFxSI), 8 (SUxSI) e 8 (TExSI) no grupo infectado.

Devido às contagens reduzidas de ovos por grama de fezes (OPG) nas amostras fecais dos animais infectados, optou-se por prolongar o experimento e por mudar a dieta fornecida aos animais. Na 12ª semana experimental, a alimentação passou a ser restrita, correspondendo a apenas 2% do peso vivo dos animais, não proporcionando sobras. Além disso, foi alterada a composição da dieta, que passou da proporção concentrado: volumoso de 90:10 com 16% de PB para 50:50 com 12% de PB (Tabela 1). Alterou-se também a fonte de volumoso, de feno de coastcross (*Cynodon dactylon*) para bagaço de cana, subproduto de usinas da cana-de-açúcar abundante na região. Realizou-se um rápido período de adaptação à nova dieta, as proporções entre dieta nova (bagaço de cana): dieta inicial (feno) foi de 1: 2, $\frac{1}{2}$: $\frac{1}{2}$, 2:1 e finalmente 100% da nova dieta.

Com isso, o experimento foi dividido em duas fases. Na primeira fase, os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) de *H. contortus*, três vezes por semana (segundas-feiras / quartas-feiras e sextas-feiras) totalizando 41 infecções ao longo de 14 semanas. As infecções foram suspensas por 26 dias, período em que os animais foram submetidos à nova dieta. A segunda fase do experimento começou com um desafio inicial com 10000 L3 de *H. contortus*, seguido por mais 11 infecções de 1000 L3, também três vezes por semana. Durante todo o experimento, cada animal recebeu um total de 41500 L3.

As larvas infectantes (L3) de *H. contortus*, utilizadas no experimento eram oriundas de um isolado da espécie, proveniente de animais criados em uma fazenda localizada no município de Pratânia - SP. As L3 foram produzidas em culturas fecais (Roberts & O'Sullivan, 1950), obtidas de cordeiros doadores monoinfectados com o isolado de *H. contortus* (Silva et al., 2008).

2.2. Exames Hematológicos

Amostras de sangue foram coletadas quinzenalmente em dois tubos de vacutainer (5 mL), um com EDTA para mensuração de proteína plasmática total em refratômetro ocular (Atago®), determinação do volume globular pelo método de micro-hematócrito e contagem do número de eosinófilos sanguíneos em câmara de Newbauer, corados com solução de Carpentier (Dawkins et al., 1989), com valores expressos como número de células por μL de sangue.

No tubo sem EDTA foram colhidas amostras de soro para determinação da concentração de anticorpos. O soro foi colhido após centrifugação (3.000 rpm por 10 minutos) do sangue total coagulado, alicotado em duas amostras de 1 mL, em frascos plásticos (Eppendorff) e armazenados a -20°C até seu uso na determinação das

concentrações de imunoglobulinas IgG e IgA específicas para o antígeno total de larvas infectantes (L3) e adultos de *H. contortus*, por meio da técnica de ELISA (Kanobana et al., 2002).

2.3. Exames Parasitológicos

Quinzenalmente, amostras de fezes foram colhidas de cada animal direto da ampola retal para a contagem individual de ovos por grama de fezes (OPG) de acordo com a técnica de Gordon & Whitlock (1939), modificada.

Após 22 semanas de confinamento os animais foram abatidos, o abomaso removido e aberto ao longo de sua extensão e o conteúdo colhido em um recipiente graduado. Alíquotas de 10% do conteúdo foram colhidas, acondicionadas em frasco plástico e preservadas em formol (5%). Todos os helmintos presentes nas alíquotas foram identificados e quantificados, de acordo com o estágio de desenvolvimento em que se encontravam (Ueno & Gonçalves, 1998). De cada animal infectado, foram colhidos exemplares adultos de *H. contortus*, sendo 10 machos e 10 fêmeas para a mensuração do comprimento dos mesmos.

2.4. Exames Histológicos

Amostras do abomaso foram colhidas imediatamente após a abertura do abomaso e fixadas em formalina neutra tamponada a 4%. Em seguida as amostras foram processadas de acordo com as técnicas de rotina histológica e incluídas em parafina. As contagens de eosinófilos e de mastócitos foram feitas em secções de 4 µm, coradas pela hematoxilina-eosina (H&E) e pelo azul de toluidina, respectivamente (Enerback, 1966). Os leucócitos globulares foram quantificados nas secções coradas pela hematoxilina-eosina, sob luz ultravioleta, em microscópio de imunofluorescência.

As células foram contadas em 100 campos aleatórios com área de 0.01 mm^2 cada, em aumento de 1000 vezes desde a muscular até a superfície da mucosa. Os resultados da contagem dos mastócitos foram expressos como a média do número de células/ mm^2 de mucosa (Dawkins et al., 1989).

2.5. Exames Imunológicos

O protocolo utilizado para a produção de antígenos, assim como para a determinação da concentração de anticorpos IgG foram descritos anteriormente por Amarante et al. (2009).

2.5.1. Dosagem de IgA no soro

O protocolo utilizado na reação de Elisa para determinar a concentração de IgA presente no soro dos animais é semelhante ao descrito para IgG, com variações nas concentrações dos reagentes, antígenos, no soro utilizado como controle positivo e no período desprendido entre a última incubação e a leitura da placa. Para IgA, a concentração do antígeno bruto foi de $5 \mu\text{g/mL}$, e como controle positivo utilizou-se o soro de uma ovelha mantida sob infecção natural, na diluição $\frac{1}{4}$, a mesma diluição utilizada nas amostras de soro das cordeiras do experimento, e finalmente, as concentrações de anticorpo policlonal de camundongo anti-bovino/ovino IgA (Serotec[®] Oxford, Reino Unido) foi de 1:1000 e posteriormente com o conjugado policlonal de caprino anti-camundongo marcado com fosfatase alcalina (DAKO, Dinamarca) foi de 1:2000. O PNPP (p-Nitrofenol fosfato, PNPP kit, Pierce, EUA) foi adicionado em cada poço e a reação enzimática foi desenvolvida por 30 minutos em temperatura ambiente. Após este íterim, as placas foram postas em refrigerador (4°C) e lidas 24 horas após a

primeira incubação com antígenos, em leitor de ELISA (Biotrak II, Amersham Biosciences, Reino Unido), na densidade ótica de 405 nm.

2.5.2. Muco

Por ocasião da necropsia dos animais, uma amostra de muco foi colhida da superfície do abomaso. A amostra foi colocada em tubo Falcon e congelada até a realização do processo de extração do muco. Para a extração acrescentou-se 3 mL de PBS suplementado com inibidor de protease (Complete, Roche; 1 tablete em 50 mL de solução PBS). As amostras foram homogeneizadas por 1 h a 4 °C. Após, os tubos foram centrifugados (3000 g) por 30 min a 4 °C. O sobrenadante foi retirado, novamente centrifugado (15000 g) por 30 min, 4 °C e, finalmente, aliquotado e estocado -20 °C (Kanobana et al., 2002). As reações de Elisa para a dosagem de IgA no muco foram realizadas com amostras ajustadas para conterem 2.17 mg de proteína/mL. A concentração de proteínas foi determinada com a utilização de um kit (Protal – Método Colorimétrico para quantificação de proteínas séricas – Laborlab). A absorbância foi determinada em Leitor de Elisa (Biotrak II, Amersham Biosciences, Reino Unido) com filtro de 562 nm.

A reação de ELISA para a determinação da concentração de IgA no muco foi realizada conforme a descrição do item anterior.

2.6. Análise Estatística

Os dados referentes às contagens de OPG, eosinófilos circulantes, contagem de células do tecido abomasal, carga parasitária e imunoglobulinas foram analisados sob transformação logarítmica $\log(x + 1)$ para estabilizar a variância. As diferenças significativas entre grupos genéticos, tratamentos (infectados ou controles livres de

infecção) e semana de colheita dos dados referentes a contagem de OPG, parâmetros hematológicos, peso médio, ganho de peso, conversão alimentar dos animais e contagem de células foram analisados através do programa Minitab (versão 11, 1996), sob o modelo linear geral (GLM). Diferenças significativas entre tratamento (infectado ou controle) e grupo genético foram determinados pelo teste de Fisher ($P < 0,05$). As análises estatísticas da primeira e segunda fase foram realizadas separadamente. As médias de carga parasitária e mensuração do comprimento dos parasitas, foram comparadas pela análise de variância one-way. Foi calculado também o coeficiente de correlação de Spearman entre as diferentes variáveis, referentes aos resultados obtidos ao final do experimento.

3. Resultados

O consumo de alimento foi analisado de forma descritiva devido ao fato dos animais estarem em baias coletivas. Durante a primeira fase do experimento, quando a ração era ofertada *ad libitum*, animais do grupo controle DOxSI apresentaram a maior média de consumo diário de ração (1,20 kg/dia) e IFxSI e TExSI as menores (1,12 kg/dia). Entre os animais do grupo infectado, novamente animais DOxSI apresentaram a maior média de consumo (1,14 kg/dia), a menor média foi observada em animais SI (1,01 kg/dia). Após a troca de ração, que passou a ser ofertada de forma restrita, animais DOxSI mantiveram o maior consumo médio, tanto em animais controle (0,84 kg/dia), quanto em infectados (0,76 kg/dia). A menor média do grupo controle foi observada em animais SI e IFxSI (0,74 kg/dia) e no grupo infectado, em animais SI e SUxSI (0,67 kg/dia).

Até a semana 12 os animais ganharam peso, após este período, houve perda de peso em animais de todos os grupos genéticos em consequência da troca de dieta. Porém, apenas animais infectados SUxSI apresentaram peso médio inferior ao

respectivo grupo controle ($P < 0,05$), resultado que se prolongou até o final do experimento. Nos grupos SI e DOxSI, os animais infectados também apresentaram menor peso que os respectivos controles a partir da 2ª semana até o final do experimento, porém, sem diferença estatística significativa entre eles (Tabela 2).

Na primeira fase, período que antecede a troca de dieta (semanas 0 a 12), os animais IF apresentaram o maior ganho de peso nos dois tratamentos, chegando ao final da fase com quase o dobro do peso inicial. Entre os controles, o menor ganho de peso foi dos animais IFxSI (15.9 kg), já entre os infectados, os SI foram os que apresentaram o menor ganho de peso (13.4 kg). Houve efeito negativo da infecção no ganho de peso dos animais SI e SUxSI em comparação com os respectivos controles ($P < 0,05$) (Tabela 3). A troca de dieta e mudança no manejo alimentar nas semanas 13-14 causou redução no consumo de alimento, e consequentemente, perda de peso em todos os grupos genéticos, contudo, não houve diferença entre os tratamentos.

No início do experimento, um animal IF e dois animais do grupo IFxSI, ambos do tratamento infectado, ainda apresentaram ovos de parasitas nas fezes (700, 100 e 300 OPG, respectivamente), chegando a zero na semana seguinte. De uma forma geral, as contagens de OPG foram baixas em todos os grupos até a 6ª semana. As maiores médias ocorreram na 8ª semana, quando alguns dos animais IF, IFxSI e SUxSI apresentaram contagens superiores a 1000 OPG.

A mudança na ração ofertada a partir da 12ª semana resultou em elevação da média de OPG na coleta subsequente (14ª semana) nos animais do grupo IF, valores estes que voltaram a apresentar elevação considerável na média após o desafio com número elevado de larvas infectantes (Fig. 2). Nos outros grupos genéticos foi observado apenas redução nos valores de VG (Tabela 4) e aumento nos valores de eosinófilos circulantes (Tabela 5). Vale ressaltar que no grupo IF um dos animais

apresentou elevada contagem de OPG, que variou de 4200 a 15200 OPG, da 8ª semana até o fim do experimento, o que causou aumento das médias deste grupo. Por outro lado, quatro animais IF apresentaram valores de OPG inferiores a 500. Animais SI sempre apresentaram médias reduzidas nas contagens de OPG, com valor individual máximo de 600 OPG na última colheita. Já os animais IFxSI apresentaram valores médios intermediários, que ora se assemelharam aos valores do grupo IF e ora aos do SI.

Em relação à carga parasitária, a maior carga total média de parasitas foi registrada nos animais IF (2905 exemplares), enquanto as menores ocorreram nos grupos SI (435,6 exemplares) e DOxSI (296,3 exemplares). Em relação às formas imaturas, as médias de larvas de quarto estágio inicial (L4) foram maiores em animais IFxSI enquanto os grupos DOxSI e TExSI apresentaram os menores valores. As médias mais elevadas dos demais estádios imaturos, L4 final e L5 inicial, foram maiores e menores nos grupos SUxSI e SI, respectivamente. Considerando-se apenas o estágio adulto dos parasitas, animais IF apresentaram as maiores cargas, enquanto SI, IFxSI e DOxSI, as menores (Tabela 6).

Animais cruzados IFxSI apresentaram média logarítmica de carga total ($2,79 \pm 0,20$) estatisticamente similar a do grupo IF ($3,31 \pm 0,16$) e significativamente superior a dos animais SI ($1,87 \pm 0,40$). Porém, observa-se que no grupo IFxSI predominaram larvas em quarto estágio inicial (60% do total) e um número relativamente baixo de parasitas adultos, que neste caso se assemelhou ao valor médio apresentados pelo grupo SI ($P > 0,05$).

Os grupos que apresentaram as menores cargas parasitárias totais, SI e DOxSI, foram também os que apresentaram fêmeas com menor comprimento (1.25 e 1.27 cm, respectivamente), tais medidas foram significativamente inferiores as dos grupos IF,

IFxSI e TExSI (Fig. 3). Para parasitas machos, não houve influência dos grupos genéticos no comprimento ($P>0,05$).

Não houve diferença na concentração de IgA sérica anti-L3 ou anti-adulto entre os grupos genéticos. Porém, a infecção promoveu aumento da produção de IgA anti-L3 no soro de animais SI e IFxSI em comparação com seus respectivos grupos controle ($P<0,05$) (Fig. 4). Contra o antígeno de parasitas adultos, todos os grupos genéticos apresentaram aumento significativo na concentração de IgA anti-adulto após a infecção, com valores superiores aos respectivos grupos controle ($P<0,05$) (Fig. 5).

Em relação a IgA presente no muco abomasal, a infecção promoveu aumento do nível de IgA anti-L3 em animais SI, IFxSI, DOxSI e SUxSI em relação aos respectivos grupos controles ($P<0,05$). Animais infectados SI e IFxSI apresentaram valores de IgA anti-L3 superiores aos demais grupos genéticos ($P<0,05$) (Fig. 6).

Contra o antígeno de parasitas adultos, animais SI, IFxSI e DOxSI apresentaram aumento na concentração de IgA após a infecção, animais IF apresentaram concentração de IgA anti-adulto inferior à observada em animais do respectivo grupo controle. Comparando-se apenas animais infectados, novamente animais SI, IFxSI e DOxSI apresentaram concentração de IgA anti-adulto superior aos demais grupos genéticos ($P<0,05$) (Fig. 7). A produção de IgG anti-L3 não foi alterada com a infecção. Comparando-se a ação da infecção sobre os grupos genéticos, a média dos animais SUxSI foi significativamente superior as médias dos IFxSI e DOxSI (Fig. 8). Destaca-se o fato do grupo IFxSI, ter apresentado baixa concentração de IgG anti-L3 e a maior contagem de parasitas em estágio L4 inicial. A infecção promoveu aumento significativo no nível sérico de IgG anti-adulto em animais SI, DOxSI e SUxSI ($P<0,05$) (Fig. 9). Assim como foi observado na concentração sérica de IgA, os animais SI e DOxSI infectados apresentaram elevação de IgG, em comparação com os respectivos

grupos controles. Esta elevação correspondeu à redução na contagem de parasitas adultos.

A infecção por *H. contortus* causou aumento do número de células de defesa presente na mucosa abomasal de todos os grupos genéticos, os quais apresentaram médias superiores aos respectivos grupos controles ($P < 0,05$). Comparando-se apenas os grupos infectados, observou-se que os animais IF, SUxSI e TExSI apresentaram os menores valores de eosinófilos na mucosa abomasal, enquanto SI e IFxSI os maiores. Vale ressaltar o fato de que os animais que apresentaram a maior contagem de eosinófilos na mucosa apresentaram contagem reduzida de parasitas adultos. Animais IF apresentaram maior número médio de leucócitos globulares na mucosa, porém, não houve diferença significativa no número de leucócitos globulares entre os grupos genéticos ($P > 0,05$). Animais SI apresentaram a maior contagem de mastócitos na mucosa a qual diferiu significativamente dos SUxSI, que apresentaram a menor. Casualmente, estes dois grupos apresentaram a menor e a maior carga parasitária total, respectivamente (Tabela 7).

Os coeficientes de correlação entre os resultados obtidos no final do estudo são apresentados na Tabela 8 e 9.

4. Discussão

Animais IF apresentaram as maiores contagens de OPG ao longo de todo o experimento, assim como maior carga parasitária total, maior número de parasitas em estágio adulto e fêmeas com comprimento elevado; o que demonstra ineficiência da resposta imunológica em inibir o desenvolvimento das larvas infectantes e/ou eliminar a carga parasitária presente em seu trato gastrointestinal. Resultados semelhantes foram descritos por Gruner et al. (2003) ao estudar cordeiros INRA 401 (susceptível),

Barbados Black Belly (resistentes) e animais F1 artificialmente infectados por *H. contortus*. Animais Black Belly apresentaram contagem de OPG menor que animais INRA 401 e F1. A comparação entre estes dois últimos grupos demonstrou que a raça susceptível, INRA 401, apresentou maior contagem de OPG, carga parasitária e parasitas fêmeas com maior comprimento em comparação com as obtidas de animais F1.

Apesar da ineficiência em inibir o desenvolvimento dos parasitas, os animais IF mantiveram níveis produtivos superiores aos dos demais grupos genéticos. Por esse motivo, estes indivíduos podem ser considerados tolerantes à infecção. De forma contrária, animais SUxSI não apresentaram alta contagem de OPG ao longo do experimento, contudo, a infecção promoveu redução no ganho de peso. Animais SUxSI apresentaram ainda, alta carga parasitária total ao abate, parasitas fêmeas com maior comprimento e foram os únicos animais a apresentarem redução significativa do peso vivo em comparação com o respectivo grupo controle. Vale ressaltar que os animais SUxSI apresentaram coeficientes de correlação negativos entre OPG x peso final e entre carga parasitária total x peso final. A susceptibilidade da raça Suffolk já foi descrita anteriormente quando comparada com animais da raça Gulf Coast Native (Li et al., 2001) e Santa Inês (Amarante et al., 2004). Ainda, segundo Amarante et al. (2009), animais híbridos SUxSI, naturalmente infectados, apresentaram maior perda de peso quando comparados com outros cruzamentos (IFxSI, DOxSI e TExSI).

A raça Santa Inês foi a mais resistente, mostrando-se capaz de inibir o estabelecimento e o desenvolvimento do parasita, atuando também sobre a fertilidade dos mesmos. Isto se comprova através das menores contagens de OPG ao longo de todo o experimento, assim como a menor carga parasitária total e os parasitas de menor tamanho. Segundo Amarante et al. (2004), a resistência de animais Santa Inês se deve

provavelmente ao fato da raça ter sido criada nos trópicos brasileiros e descenderem de animais submetidos a um longo processo de seleção natural em um ambiente com elevada prevalência de *H. contortus*, espécie de parasita gastrointestinal encontrada em maior número em todo território nacional. Por outro lado, raças menos resistentes, são oriundas de regiões da Europa onde outras espécies de parasitas são predominantes.

Em estudos anteriores, cordeiros Santa Inês submetidos a infecções naturais (Amarante et al., 2004) ou artificiais com *H. contortus* (Bricarello et al., 2005) mostraram-se mais resistentes que animais Ile de France e Suffolk, no primeiro estudo, e Ile de France, no segundo. Da mesma forma, durante o período do parto, ovelhas SI foram mais resistentes que ovelhas IF (Rocha et al., 2004). A exemplo desses estudos, no presente experimento evidenciou-se a resistência dos animais Santa Inês, a susceptibilidade dos SUxSI e a tolerância de animais IF. Animais provenientes do cruzamento entre as duas raças (IFxSI) apresentaram grau de infecção intermediário com parâmetros produtivos satisfatórios.

Ao estudar animais Florida Native (raça resistente), Rambouillet (susceptível) e animais F1 (Florida Native x Rambouillet), Amarante et al. (1999a) observaram que os cordeiros F1 apresentaram grau de resistência intermediário. Porém, ao estudar ovelhas adultas, observou-se padrão de resistência dos animais F1 similares aos dos animais parentais resistentes (Amarante et al., 1999b). Resultados semelhantes foram registrados em estudo realizado em Louisiana, Estados Unidos, onde Li et al. (2001), ao analisarem a ação do parasitismo e da heterose sobre animais Suffolk (susceptíveis), Gulf Coast Native (resistentes) e em animais Suffolk x Gulf Coast Native, os animais heterozigotos apresentaram valores intermediários de OPG e VG em relação às suas raças base, em condições de infecção natural. Portanto, os relatos acima citados assemelham-se aos resultados observados com os animais IFxSI no presente

experimento, os quais apresentaram excelente ganho de peso, mesmo quando infectados.

De forma geral, os cruzamentos apresentaram bons resultados do ponto de vista parasitológico e de produção. Porém, dentre eles, os DOxSI em particular, sobressaíram-se ao apresentarem boa produtividade e resistência bastante similar a da raça parental resistente, SI. Estes resultados indicam benefícios da adoção do cruzamento, especialmente com animais da raça Dorper, pois além de mais resistentes, os animais híbridos apresentam bom desempenho produtivo. Resultados similares foram descritos por Mugambi et al. (2005), ao analisar a performance produtiva e a resistência de animais da raça Red Maasai (resistente), Dorper (susceptível) e de animais produto do cruzamento entre essas duas raças.

Segundo Hielscher et al. (2006), cordeiros oriundos do cruzamento de reprodutores Rhoen (raça susceptível) com matrizes Merino Land (raça resistente) apresentaram características semelhantes à da raça materna resistente. Por outro lado, os cordeiros descendentes de machos da raça resistente e de fêmeas da raça susceptível apresentaram altas contagens de OPG e baixos valores de VG. Com base nesses resultados, é provável que o uso de fêmeas, comprovadamente mais resistentes, como é o caso da raça Santa Inês, como matriz em cruzamentos, possa contribuir para a profilaxia das infecções por nematódeos gastrintestinais.

Estudos apontam o envolvimento dos eosinófilos na resistência às infecções helmínticas (Rainbird et al. 1998; Balic et al. 2000 e 2006). Estas células agem contra as larvas infectantes na mucosa dos hospedeiros, contudo, sem efeito significativo contra a forma adulta dos parasitas. No geral, à medida que o experimento avançou, os animais infectados apresentaram médias de eosinófilos circulantes mais elevadas do que os animais controle. Porém, a eosinofilia não foi pronunciada. Resultados similares foram

observados por Amarante et al. (1999a) e Bricarello et al. (2005) que também trabalharam com animais artificialmente infectados com *H. contortus*. Por outro lado, em ovelhas naturalmente infectadas, registrou-se intensa eosinofilia (Rocha et al, 2004; Rocha et al, 2006; Amarante et al., 2009). Tais resultados evidenciam que a natureza da exposição dos animais aos parasitas provavelmente tem influência no grau de eosinofilia. Em condições naturais, os animais são expostos diariamente às larvas infectantes do parasita, ao contrário do que ocorre em infecções artificiais.

Na mucosa abomasal dos ruminantes há outras células que atuam na resposta imune do hospedeiro contra os parasitas gastrintestinais. São responsáveis por respostas rápidas à infecção, promovendo a expulsão das larvas infectantes (Balic et al. 2000). Em estudos realizados com cordeiros artificialmente infectados da raça Merino de linhagens resistente à *H. contortus* apresentaram maior número de mastócitos e eosinófilos na mucosa abomasal quando comparados a cordeiros de linhagens susceptíveis (Gill et al., 1991 e Gill et al., 2000). Resultados semelhantes foram observados no presente trabalho, onde animais infectados da raça SI apresentaram maior número de mastócitos, enquanto SUxSI os menores. Para eosinófilos, animais IF, SUxSI e TExSI apresentaram as menores contagens, enquanto, SI e IFxSI, apresentaram as maiores contagens dessa célula na mucosa do abomaso. Estes últimos animais apresentaram as menores cargas de nematódeos adultos após o abate, confirmando a ação das células inflamatórias presentes na mucosa na expulsão dos parasitas.

Em estudos realizados com as raças Florida Native, Ramboillet e animais produtos do cruzamento de duas gerações desses animais (F1 e F2) artificialmente infectados por *H. contortus* (Amarante et al., 1999a; Amarante et al., 1999b), assim como em animais Santa Inês, Ile de France e Suffolk, naturalmente infectados (Amarante et al., 2005), também não foi observada diferença significativa no número de células do

tecido abomasal entre as raças. Resultados contrários ao descrito por Bricarello et al (2004), onde cordeiros da raça resistente (Crioula Lanada), naturalmente infectados com *H. contortus*, apresentaram valores de leucócitos globulares superiores à raça susceptível (Corriedale).

A produção de imunoglobulinas específicas contra nematódeos está intimamente associada à resposta imune dos hospedeiros. Para Strain & Stear (2001), a IgA, presente na mucosa dos tecidos do trato gastrointestinal de hospedeiros, talvez seja o principal mecanismo de controle da fecundidade e desenvolvimento de *H. contortus*. Amarante et al. (2005), em estudo realizado com cordeiros naturalmente infectados, não observaram diferença na concentração de IgA presente no muco abomasal de animais Santa Inês, Suffolk e Ile de France, contudo, observaram relação inversa entre os níveis de IgA e a carga parasitária.

Em infecções artificiais com *H. contortus*, Bricarello et al. (2005) não observaram diferença nos valores de IgA anti-L3 no muco de cordeiros IF e SI. Para o antígeno de parasitas adultos, animais SI apresentaram concentração de IgA superior à observada no muco de animais IF, ainda, a infecção promoveu o aumento da concentração de IgA anti-adulto em animais SI.

No presente estudo, animais com baixos valores de OPG e carga parasitária total (SI, DOxSI e IFxSI), apresentaram elevada concentração de IgA anti-L3 e adulto no muco em comparação com os respectivos grupos controle, bem como em comparação com os demais grupos infectados, no caso de IgA anti-adulto. O mesmo ocorreu com os níveis de IgA anti-L3 no soro dos animais infectados. Isso indica que a presença de valores significativos de IgA no muco e no soro dos animais confere proteção aos hospedeiros, inibindo o estabelecimento de larvas infectantes, assim como o desenvolvimento das mesmas. Segundo Halliday et al. (2007), em ovinos reinfetados, a

eliminação de larvas infectantes ocorre antes do pico de produção de IgA, dessa forma, a imunoglobulina não pode ser associada à inibição do estabelecimento da infecção, mas sim no desenvolvimento dos parasitas. Tais resultados comprovam a efetividade do uso da análise de concentração de IgA na identificação de animais resistentes às parasitoses.

Ainda, no presente experimento, animais SI apresentaram maior concentração de imunoglobulinas anti-L3 e adulto no muco abomasal, assim como maior contagem de células na mucosa do abomaso e reduzida contagem de parasitas adultos, corroborando com resultados observados por Stear et al. (1995). Segundo os autores, animais com maior número de células na mucosa apresentam maior concentração de IgA no muco e menor carga de parasitas adultos. Segundo Strain & Stear (2001) esta é uma ferramenta eficiente no controle da fecundidade de *H. contortus*.

Contudo não houve diferença significativa na produção de IgG anti-L3 após a infecção. Para o antígeno de parasitas adultos, houve aumento da concentração de imunoglobulina em animais SI, DOxSI e SUxSI. Animais DOxSI que apresentaram baixíssima contagem de OPG e carga parasitária total apresentaram também uma das menores concentrações de IgG, o que confirma que os valores de IgG no soro não pode ser utilizados na detecção de animais ou raças resistentes às parasitoses. Houve ainda, correlação positiva entre a carga parasitária total e a concentração de IgG no soro destes animais. Isso demonstra que a infecção foi eficiente no estímulo da produção de IgG pelo hospedeiro mas em níveis insuficientes para promover resposta imune contra os parasitas. Resultados contrários foram observados por Amarante et al. (2009), que observaram relação inversa entre os níveis de IgG e a contagem de OPG em animais SUxSI e TExSI naturalmente infectados. Ainda, Williams et al. (2010) observaram

correlação negativa entre o número de *Teladorsagia circumcincta* e a concentração de IgG no soro de ovelhas Merino.

A reação inflamatória intensa no abomaso dos animais SI infectados, demonstrada pelo grande número de células inflamatórias presentes na mucosa, pode ter interferido no apetite dos animais, o que resultou em redução do consumo de alimento, com conseqüente prejuízo ao ganho de peso dos animais. Embora essa inflamação seja responsável pela eliminação dos parasitas, causa desconforto nos animais, fazendo com que reduzam o consumo e a digestão do alimento. Este fenômeno foi demonstrado em ovinos infectados com *T. colubriformis* e *Teladorsagia circumcincta*, nos quais o tratamento com drogas imunossupressoras resultou em significativa melhoria dos índices produtivos e diminuição da ação deletéria da resposta imune (Greer et al., 2005 e Greer et al., 2008). O contrário pode ser observado em animais IF, que apresentaram baixa contagem de células inflamatórias no abomaso e o melhor desempenho produtivo, embora parasitados com número relativamente elevado de nematódeos.

Segundo Abbot et al. (1988), quando infectados com *H. contortus*, animais suplementados com alta proteína bruta (16,9%), não têm o ganho de peso afetado, ao contrário de animais que recebem dieta com baixa proteína (8,8%). Na primeira fase do presente experimento os animais receberam dieta com 16% de PB, valor similar ao descrito no trabalho acima citado como sendo de alta proteína. É possível que tal dieta tenha favorecido o desempenho dos animais com potencial elevado de ganho de peso, o que foi o caso das cordeiras IF puras, bem como das IFxSI, DOxSI e TExSI.

Para Coop e Kyriazakis (1999), a destinação dos nutrientes ingeridos por um animal segue uma ordem de prioridade, a manutenção é a primeira a ser suprida por ser essencial para a sobrevivência do animal, enquanto o crescimento e a reprodução vêm em segundo lugar. Ainda, segundo Coop e Kyriazakis (2001), a expressão da imunidade

contra nematódeos vem depois das prioridades anteriormente relatadas, e é dependente de suplementação protéica. Contudo, Amarante (2002) observou que existem diferenças nas ordens de prioridade, dependendo da raça: a raça Santa Inês, resistente às infecções, prioriza a sobrevivência em detrimento da produtividade, enquanto a raça Ile de France e Suffolk, animais geneticamente mais produtivos, priorizam o crescimento. Resultados semelhantes foram obtidos no presente estudo, com animais SI apresentando as menores contagens de OPG e menor ganho de peso, enquanto IF apresentou os maiores ganhos, porém, as maiores contagens de OPG e carga parasitária.

Bricarello et al. (2005) observaram resultados similares em cordeiros machos da raça Ile de France infectados artificialmente com o mesmo parasita. Neste caso os animais se mostraram tolerantes e apresentaram ganho de peso satisfatório (aproximadamente 250 g/dia). Ao contrário, quando cordeiros Ile de France e Suffolk foram mantidos em pastagem, os animais apresentaram com frequência sinais clínicos de hemoncose, tendo apresentado desempenho semelhante a animais Santa Inês (Amarante et al. 2004). Estes resultados sugerem que a resposta muda conforme o tipo de infecção a que o animal é exposto. Sendo assim, estudos com infecções artificiais podem não ser uma ferramenta eficiente na avaliação do desempenho produtivo dos hospedeiros frente às infecções gastrintestinais por não reproduzirem a exposição diária dos animais que ocorre em infecções naturais. Estudos mais detalhados terão que ser realizados com animais mantidos em pastagem e expostos a infecções naturais.

É importante ressaltar que a resposta imunológica tem um custo relativamente elevado em termos de nutrientes. Segundo Liu et al. (2005), animais jovens de linhagens resistentes apresentaram exigências diárias extra de 4% de energia metabolizável e 5% de proteína bruta metabolizável durante o período de manutenção para o reparo dos danos teciduais causados pelos parasitas.

5. Conclusão

Os resultados do presente estudo indicam benefícios da adoção do cruzamento de raças resistentes, consideradas menos produtivas, com raças de parâmetros produtivos superiores, contudo, tolerantes às infecções gastrintestinais, como alternativa eficiente de controle da verminose. Neste caso, observa-se desempenho produtivo satisfatório, como foi o caso do desempenho dos animais IFxSI, DOxSI e TExSI no presente estudo. O cruzamento com a raça Suffolk apresentou resultados parasitológicos e produtivos menos promissores, demonstrando que a exposição aos parasitas resulta em prejuízo a sua produtividade.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). M.B, Silva, R.A, Rocha e C.Q, Mendes receberam o apoio da FAPESP. A.F.T. Amarante, I. Susin e A.V. Pires receberam apoio do CNPq.

6. Referências Bibliográficas

ABBOTT, E. M.; PARKINS, J. J., HOLMES, P. H. Influence of dietary protein on the pathophysiology of haemonchosis in lambs given continuous infections. Res. Vet. Sci., v. 45, p.41 – 49, 1988.

AMARANTE, A. F. T. Resistência de cordeiros das raças Santa Inês, Suffolk e Ile de France às infecções naturais por nematódeos gastrintestinais. Tese (livre-docência) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2002. 167 pp.

AMARANTE, A. F. T.; CRAIG, T. M.; RAMSEY, W. S.; DAVIS, S. K.; BAZER, F. W. Nematode burdens and cellular responses in the abomasal mucosa and blood of Florida Native, Rambouillet and crossbred lambs. *Vet. Parasitol.*, v.80, p.311-324, 1999a.

AMARANTE, A. F. T.; CRAIG, T. M.; RAMSEY, W. S.; SAYED, N. M. E.; DESOUKI, A. Y.; BAZER, F. W. Comparison of naturally acquired parasite burdens among Florida Native, Rambouillet and crossbred ewes. *Vet. Parasitol.*, v.85, p.61 - 69, 1999b.

AMARANTE, A. F. T.; AMARANTE, M. R. V. Breeding sheep for resistance to nematode infections. *J. Anim. Vet. Adv.*, v.2, p.147-161, 2003.

AMARANTE, A. F. T.; BRICARELLO, P. A.; ROCHA, R. A.; GENNARI, S. M. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France lambs to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. *Vet. Parasitol.*, v.120, p.91-106, 2004.

AMARANTE, A. F. T.; BRICARELLO, P. A.; HUNTLEY, J. F.; MAZZOLIN, L. P.; GOMES, J. C. Relationship of abomasal histology and parasite-specific immunoglobulin A with the resistance to *Haemonchus contortus* infection in three breeds of sheep. *Vet. Parasitol.*, v.108, p.99-107, 2005.

AMARANTE, A. F. T.; SUSIN, I.; ROCHA, R. A.; SILVA, M. B.; MENDES, C. Q.; PIRES, A. V. Resistance of Santa Inês and crossbred ewes to naturally acquired gastrointestinal nematodes infections. *Vet. Parasitol.*, v. 108, p.99-107, 2009

BALIC, A.; BOWLES, V. M.; MEEUSEN, E. N. T. The immunobiology of gastrointestinal nematode infections in ruminants. *Adv. Parasitol.*, v.45, p.181-241, 2000.

BALIC, A.; CUNNINGHAM, C. P.; MEEUSEN, E. N. T. Eosinophil interactions with *Haemonchus contortus* larvae in the ovine gastrointestinal tract. *Parasite Immunol.*, v.28, p.107-115, 2006.

BRICARELLO, P. A.; AMARANTE, A. F. T.; ROCHA, R. A.; CABRAL FILHO, S. L.; HUNTLEY, J. F.; HOUDIJK, J. G. M.; ABDALLA, A. L.; GENNARI, S. M. Influence of dietary protein supply on resistance to experimental infections with *Haemonchus contortus* in Ile de France and Santa Ines lambs. *Vet. Parasitol.*, v.134, p.99-109, 2005.

BRICARELLO, P. A.; GENNARI, S. M.; OLIVEIRA-SEQUEIRA, T. C. G.; VAZ, C. M. S. L.; GONÇALVES DE GONÇALVES, I.; ECHEVARRIA, F. A. M. Worm burden and immunological responses in Corriedale and Crioula Lanada sheep following natural infection with *Haemonchus contortus*. *Small Rumin. Res.*, v.51, p.73-81, 2004.

BUENO, M. S.; CUNHA, E. A.; VERÍSSIMO, C. J.; SANTOS, L. E.; LARA, M. A. C.; OLIVEIRA, S. M.; SPÓSITO FILHA, E.; REBOUÇAS, M. M. Infección por nematodos em razas de ovelhas carnicas criadas intensivamente em la región del sudeste del Brasil. *Arch. Zootec.*, v.51, p.273-280, 2002.

COOP, R. L.; KYRIAZAKIS, I. Influence of host nutrition on the development and consequences of nematode parasitism in ruminants. *Trends Parasitol.*, v.17, 2001.

COOP, R. L.; KYRIAZAKIS. Nutrition-parasite interaction. *Vet. Parasitol.*, v.84, p. 187 – 204, 1999

DAWKINS, H. J. S.; WINDON, R. G.; EAGLESON, G. K. Eosinophil responses in sheep selected for high and low responsiveness to *Trichostrongylus colubriformis*. *Int. J. Parasitol.*, v.19, p.199-205, 1989.

ENERBACK, L., Mast cells in rat gastrointestinal mucosa. II Dye binding and metachromatic properties. *Acta Pathol. Microbiol. Immunol. Scand.* 66, 303-312, 1966.

GETACHEW, T.; DORCHIES, P.; JACQUIET, P. Trends and challenges in the effective and sustainable control of *Haemonchus contortus* infection in sheep. Review. Parasite, v.14, p.3-14, 2007.

GILL, H. S.; ALTMANN, K.; CROSS, M. L.; HUSBAND, A. J. Induction of T helper 1- and T helper 2-type immune responses during *Haemonchus contortus* infection in sheep. Immunology, v.99, p.458-463, 2000.

GILL, H. S.; Genetic control of acquired resistance to haemonchosis in Merino lambs. Parasite Immunol., v.13., p.617-628, 1991.

GORDON, H. M.; WHITLOCK, H. V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. J. Counc. Sci. Ind. Res., v.12, p.50-52, 1939.

GREER, A. W.; STANKIEWICZ, M.; JAY, N. P.; MCANULTY, R. W.; SYKES, A. R. The effect of concurrent corticosteroid-induced immuno-suppression and infection with the intestinal parasite *Trichostrongylus colubriformis* on feed intake and utilization in both immunologically naive and competent sheep. Anim. Sci., v. 80, p.89–99, 2005.

GREER, A. W.; HUNTLEY, J. F.; MACKELLAR, A.; McANULFY, R. W.; JAY, N. P.; GREEN, R. S.; STANKIEWICZ, M; SYKES, A. R. The effect of corticosteroid treatment on local immune responses, intake and performance in lambs infected with *Teladorsagia circumcincta*. Int. J. Parasitol., v.38, p. 1717-1728, 2008.

GRUNER, L., AUMONT, G., GETACHEWA, T., BRUNEL, J.C., PERY, C., COGNIE, Y., GUÉRIN, Y. Experimental infection of Black Belly and INRA 401 straight and crossbred sheep with trichostrongyle nematode parasites. Vet. Parasitol., v.116, p. 239–249, 2003.

HALLIDAY, A. M., ROUTLEDGE, C. M., SMITH, S. K., MATTHEWS, J. B., SMITH, W. D. Parasite loss and inhibited development of *Teladorsagia circumcincta* in relation to the kinetics of the local IgA response in sheep. *Paras. Immun.*, v.29, Issue 8, pp. 425-434, 2007.

HIELSCHER, A.; BRANDT, H.; ERHARDT, G.; GAULY, M. Heterosis analysis of *Haemonchus contortus* resistance and production traits in Rhoe sheep, Merino Land sheep and crossbred lambs. *Vet. Parasitol.*, v.141, 279-284, 2006.

KANOBANA, K.; PLOEGER, H. W.; VERVELDE, L. Immune expulsion of the trichostrongylid *Cooperia oncophora* is associated with increased eosinophilia and mucosal IgA. *Int. J. Parasitol.*, v.32, p.1389-1398, 2002.

LI, Y.; MILLER, J.E.; FRANKE, D.E. Epidemiological observations and heterosis analysis of gastrointestinal nematode parasitism in Suffolk, Gulf Coast Native, and crossbred lambs. *Vet. Parasitol.*, v.98, p.273-283, 2001.

LIU, S. M.; SMITH, T. L.; KARLSSON, L. J. E.; PALMER, D. G.; BESIER, R. B. The cost for protein and energy requirements by nematode infection and resistance in Merino sheep. *Livest Prod. Sci.*, v.97, p.131- 139, 2005

MORAES, F. R.; THOMAZ-SOCCOL, V.; ROSSI, JR., P.; WOLFF, F. M.; CASTILHO, G. G. Susceptibilidade de ovinos das raças Suffolk e Santa Inês à infecção natural por tricostrongilídeos. *Arch. Vet. Sci.*, v.6, p.63-69, 2000.

MUGAMBI, J. M.; AUDHO, J. O.; BAKER, R. L. Evaluation of the phenotypic performance of a Red Maasai and Dorper double backcross resource population: natural pasture with gastro-intestinal nematode parasites. *Small Rumin. Res.*, v.56, p.239-251, 2005.

OWENS, F. Acidose Clínica e Subclínica. In: Simpósio de Nutrição de Ruminantes – saúde do Rumén e 1º Brazilian Ruminant Nutrition Conference Rumen Health, 3., 2007, Botucatu. Anais., p. 157 – 172.

RAINBIRD, M. A.; MACMILLAN, D.; MEEUSEN, E. N. T. Eosinophil-mediated killing of *Haemonchus contortus* larvae: effect of eosinophil activation and role of antibody, complement and interleukin-5. *Parasite Immunol.*, v.20, p.93-103, 1998.

ROBERTS, F. H. S.; O’SULLIVAN, S. P. Methods for egg counts and larval cultures for strongyles infesting the gastrointestinal tract of cattle. *Aust. J. Agric. Res.*, v.1, p.99-102, 1950.

ROCHA, R. A., PACHECO, D. A., AMARANTE, A. F. T. Efficacy of homeopathic treatment against natural infection of sheep by gastrointestinal nematodes. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, v.15, 1, p. 23 – 27, 2006.

ROCHA, R. A.; AMARANTE, A. F. T.; BRICARELLO, P. A. Influence of reproduction status on susceptibility of Santa Inês and Ile de France ewes to nematode parasitism. *Small Rumin. Res.*, v.55, p.65-75, 2004.

SILVA, B.F.; AMARANTE, M.R.V.; KADRI, S.M.; CARRIJO-MAUAD, J.R.; AMARANTE, A.F.T. Vertical migration of *Haemonchus contortus* third stage larvae on *Brachiaria decumbens* grass. *Vet. Parasitol.*, v. 158, p. 85-92, 2008.

STEAR, M. J.; MURRAY, M. Genetic resistance to parasitic disease: particularly of resistance in ruminants to gastrointestinal nematodes. *Vet. Parasitol.*, v.54, p.161-176, 1994.

STEAR, M. J.; BISHOP, S.C.; DOLIGALSKA, M.; DUNCAN, J.L.; HOLMES, P.H., IRVINE, J.; MCCRIRIE, L.; MCKELLAR, Q.A.; SINSKI, E.; MURRAY, M. Regulation of egg production, worm burden, worm length and worm fecundity by host responses in sheep infected with *Ostertagia circumcincta*. *Parasite Immunol.*, v.17, p.643-652, 1995

STRAIN, S. A. J.; STEAR, M. J. The influence of protein supplementation on the immune response to *Haemonchus contortus*. *Parasite Immunol.*, v.23, p. 527-531, 2001.

UENO, H.; GONÇALVES, P. C. Manual para diagnóstico das helmintoses de ruminantes. 4.ed. Japan International Cooperation Agency, Tokyo, 1998, 143 pp.

WILLIAMS, A.R., PALMER, D.G., WILLIAMS, I.H., VERCOE, P.E., KARLSSON, L.J.E., Faecal dry matter, inflammatory cells and antibodies in parasiteresistant sheep challenged with either *Trichostrongylus colubriformis* or *Teladorsagia circumcincta*, *Vet. Parasitol*, doi:10.1016/j.vetpar.2010.02.033, 2008

WOOLASTON, R. R.; MANUELI, P.; EADY, S. J.; BARGER, I, A.; LE JAMBRE, L. F.; BANKS, D. J. D.; WINDON, R. G. The value of circulating eosinophil count as a selection criterion for resistance of sheep to trichostrongyle parasites. *Int. J. Parasitol.*, v.26, 1, p. 123 – 126. 1996.

WOOLASTON, R. R.; BAKER, R. L. Prospects of breeding small ruminants for resistance to internal parasites. *Int. J. Parasitol.*, v.26, p.845-855, 1996.

Tabela 1

Análise bromatológica de amostras da ração ofertada aos animais nas semanas 0 à 11, com relação volumoso: concentrado de 10:90 e nas semanas 12 à 21, com relação volumoso:concentrado de 50:50.

	Ração (10:90)	Ração (50:50)
Composição química		
Matéria seca	89,6	88,1
Matéria mineral	5,4	5,9
Proteína bruta	15,8	14,3
Fibra em detergente neutro	19,7	19,8
Resultado expresso em 100% da matéria seca MS		

Tabela 2

Peso médio (kg) de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI). Da semana 0 até a semana 14 (primeira fase) os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); na semana 17 (início segunda fase) os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana, até semana 21 (final segunda fase), totalizando mais 11 infecções.

Semana	Tratamento	IF (n= 8)	SI (n= 9)	IFxSI (n= 8)	DOxSI (n= 8)	SUxSI (n= 8)	TExSI (n= 8)
0	C	22.23 Aa	25.33 Aac	27.66 Aabc	31.50 Abc	28.54 Ac	26.30 Aac
	I	23.41 Aa	25.44 Aa	27.78 Aab	32.12 Ab	26.62 Aa	26.53 Aa
2	C	27.46 Aa	29.37 Aa	31.06 Aab	35.44 Ab	32.70 Aab	30.97 Aab
	I	27.93 Aa	28.13 Aa	32.18 Aab	34.90 Ab	31.00 Aab	29.21 Aa
4	C	31.50 Aa	32.28 Aa	33.79 Aab	38.85 Ab	36.15 Aab	34.10 Aab
	I	31.91 Aa	30.90 Aa	35.75 Aab	37.98 Ab	34.83 Aab	32.61 Aab
6	C	34.81 Aa	34.81 Aa	36.06 Aab	41.13 Ab	38.05 Aab	35.61 Aa
	I	35.50 Aab	32.78 Aa	37.90 Aab	39.76 Ab	36.60 Aab	36.03 Aab
8	C	37.23 Aa	37.27 Aa	38.02 Aab	43.09 Ab	41.64 Aab	37.86 Aab
	I	39.14 Aab	34.98 Aa	40.76 Aab	41.88 Ab	38.13 Aab	37.89 Aab
10	C	40.16 Aa	40.12 Aa	40.83 Aa	46.99 Ab	45.79 Ab	41.72 Aab
	I	41.34 Aab	36.98 Aa	43.34 Aab	43.63 Ab	41.41 Aab	40.15 Aab
12	C	43.43 Aa	42.84 Aa	43.54 Aa	49.44 Ab	49.24 Ab	44.09 Aab
	I	44.70 Aa	38.82 Ab	45.19 Aa	46.63 Aa	43.11 Ba	42.88 Aa
14	C	41.80 Aab	39.21 Aa	41.42 Aa	47.21 Ab	46.66 Aab	41.60 Aab
	I	42.09 Aa	36.52 Ab	43.13 Aa	44.11 Ab	40.81 Bab	40.99 Aab
17	C	40.89 Aab	39.11 Aa	40.53 Aab	46.33 Ab	45.78 Aab	41.28 Aab
	I	40.50 Aab	36.23 Aa	41.94 Aab	43.04 Ab	39.10 Bab	39.96 Aab
19	C	40.51 Aa	39.22 Aa	41.17 Aab	46.56 Ab	45.83 Aab	40.90 Aab
	I	39.24 Aa	36.04 Aa	41.91 Aa	42.00 Aa	38.58 Ba	40.65 Aa
21	C	39.81 Aa	38.81 Aa	40.34 Aab	46.35 Ab	46.15 Ab	41.40 Aab
	I	39.63 Aab	34.86 Aa	41.76 Aab	41.79 Ab	38.09 Bab	40.36 Aab

Letras minúsculas designais na linha indicam diferença significativa entre grupos genéticos ($P < 0,05$) e letras maiúsculas designais na coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos em cada semana ($P < 0,05$).

Tabela 3

Valores médios de ganho de peso total (kg) e o percentual de ganho de peso de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI) ao longo da primeira fase (PF), antes da troca de dieta (semana 0 a 12) e depois da troca de dieta (semana 12 a 14), assim como ao final da segunda fase (SF) do experimento (semanas 17 a semana 21). Da semana 0 até a semana 14 (primeira fase) os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); no primeiro dia da semana 17 (início segunda fase) os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana, até semana 21 (final segunda fase), totalizando mais 11 infecções.

	IF	SI	IFxSI	DOxSI	SUxSI	TExSI
PF- Antes da Troca de Dieta (Semanas 0 a 12)						
Controle	21.2 (95%) A ac	17.5 (69%) A bc	15.9 (57%) A b	17.9 (57%) A bc	20.7 (72%) A c	17.8 (68%) A abc
Infectados	21.3 (91%) A a	13.4 (53%) B b	17.4 (63%) A c	14.5 (45%) A bc	16.5 (62%) B bc	16.3 (61%) A bc
PF – Depois da Troca de Dieta (Semanas 12 a 14)						
Controle	-1.6 (-4%) A a	-3.6 (-9%) A b	-2.1 (-5%) A ab	-2.2 (-4%) A ab	-2.6 (-5%) A ab	-2.5 (-6%) A ab
Infectado	-2.6 (-6%) A a	-2.3 (-6%) A a	-2.1 (-5%) A a	-2.5 (-5%) A a	-2.3 (-5%) A a	-1.9 (-4%) A a
SF- (Semanas 17 a 21)						
Controle	1.1 (-3%) A a	-0.3 (-1%) A ab	-0.2 (-0.5%) A ab	0.00 (0.1%) A ab	0.4 (1%) A b	0.1 (0.3%) A ab
Infectado	-0.9 (-2%) A a	-1.4 (-4%) A a	-0.2 (-0.4%) A ab	-1.3 (-3%) B a	-1.0 (-3%) B a	0.4 (1%) A b

Letras minúsculas designais na linha indicam diferença significativa ($P < 0,05$) e letras maiúsculas designais na coluna indicam para cada grupo genético diferença significativa entre o grupo controle e o infectado em cada fase ($P < 0,05$).

As análises estatísticas da primeira fase, antes da troca de dieta (semanas 0 a 12); primeira fase, depois da troca de dieta (semanas 12 a 14) e segunda fase do experimento (semanas 17 a 21) foram realizadas separadamente.

Tabela 4

Valores médios de volume globular (VG) de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI). Da semana 0 até a semana 14 (primeira fase) os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); no primeiro dia da semana 17 (início segunda fase) os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana, até semana 21 (final segunda fase), totalizando mais 11 infecções.

Semana	Tratamento	IF	SI	IFxSI	DOxSI	SUxSI	TExSI
0	C	36.5 ± 1.23 A a	38.44 ± 0.93 A ab	39.0 ± 0.91 A ab	39.5 ± 0.68 A b	36.6 ± 0.68 A a	37.1 ± 0.96 A ab
	I	35.1 ± 1.47 A a	37.7 ± 0.76 A ab	38.2 ± 1.32 A b	37.4 ± 1.83 A ab	37.7 ± 0.91 A ab	36.8 ± 0.65 A ab
2	C	36.6 ± 0.71 A a	35.0 ± 1.02 A ab	38.4 ± 1.34 A a	36.6 ± 0.90 A a	36.2 ± 0.47 A a	32.9 ± 0.69 A b
	I	35.9 ± 1.49 A a	39.6 ± 0.78 B b	37.9 ± 1.46 A ab	39.8 ± 1.18 B b	36.5 ± 0.60 A a	35.4 ± 0.50 A a
4	C	35.6 ± 0.53 A a	35.6 ± 0.38 A a	37.6 ± 1.31 A ab	38.4 ± 1.18 A b	35.4 ± 1.03 A a	35.1 ± 0.35 A a
	I	33.5 ± 1.46 A a	35.2 ± 0.25 A ab	34.4 ± 0.53 B ab	36.8 ± 1.08 Ab	33.2 ± 0.64 A a	33.6 ± 0.65 A a
6	C	33.9 ± 0.63 A a	36.4 ± 0.78 A b	37.4 ± 0.73 A b	34.0 ± 0.42 A a	34.1 ± 0.77 A a	33.7 ± 0.53 A a
	I	30.9 ± 1.20 B a	36.0 ± 0.69 A b	33.9 ± 0.89 B b	34.0 ± 0.42 A b	32.7 ± 0.75 A ab	34.7 ± 0.80 A b
8	C	35.7 ± 1.15 A a	36.2 ± 1.04 A a	37.3 ± 1.05 A a	36.2 ± 0.80 A a	35.4 ± 0.37 A a	35.1 ± 0.45 A a
	I	32.4 ± 0.65 B a	35.8 ± 0.70 A b	35.5 ± 0.89 A b	35.8 ± 0.59 A b	32.6 ± 0.96 B a	34.5 ± 0.80 A ab
10	C	35.9 ± 1.14 A a	35.1 ± 0.75 A a	37.2 ± 1.06 A a	34.4 ± 0.84 A a	33.9 ± 0.66 A a	35.7 ± 0.53 A a
	I	33.6 ± 1.91 A a	35.1 ± 0.59 A a	34.2 ± 0.59 B a	33.9 ± 0.69 A a	31.6 ± 1.03 A a	33.4 ± 1.21 A a
14	C	37.8 ± 1.01 A a	41.7 ± 1.12 A b	40.0 ± 0.82 A ab	39.9 ± 1.09 A ab	40.0 ± 1.58 A ab	39.5 ± 1.63 A ab
	I	36.6 ± 0.73 A a	39.4 ± 1.20 A b	38.9 ± 1.41 A ab	39.0 ± 1.02 A ab	38.7 ± 1.46 A ab	37.0 ± 1.35 A ab
17	C	38.9 ± 0.77 A a	43.2 ± 0.78 A b	40.9 ± 0.65 A ab	39.6 ± 0.78 A a	40.1 ± 1.72 A ab	40.3 ± 1.18 A ab
	I	35.5 ± 1.27 A a	40.3 ± 1.29 A b	39.9 ± 1.12 A b	41.1 ± 0.87 A b	39.7 ± 1.52 A b	39.9 ± 0.64 A b
19	C	39.9 ± 1.49 A a	44.0 ± 1.00 A b	42.2 ± 1.08 A ab	43.9 ± 0.86 A b	43.1 ± 1.03 A ab	43.0 ± 1.20 A ab
	I	37.0 ± 2.20 A a	41.0 ± 1.05 A b	41.6 ± 1.08 A b	41.7 ± 1.13 A b	39.2 ± 1.92 B ab	38.7 ± 1.49 B ab
21	C	38.9 ± 1.91 A a	43.8 ± 1.41 A b	43.1 ± 0.81 A b	45.6 ± 1.15 A b	40.4 ± 2.10 A ab	41.7 ± 1.12 A ab
	I	33.7 ± 1.45 B a	38.7 ± 1.46 B b	40.1 ± 1.11 A b	40.9 ± 1.08 B b	38.6 ± 1.69 A b	39.6 ± 1.25 A b

Médias aritméticas ± erro padrão

Letras minúsculas designais na linha indicam diferença significativa entre grupos genéticos ($P < 0,05$) e letras maiúsculas designais na coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos em cada semana ($P < 0,05$).

Tabela 5

Valores médios de eosinófilos (células/ μ l de sangue) de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI). Da semana 0 até a semana 14 (primeira fase) os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); no primeiro dia da semana 17 (início segunda fase) os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana, até semana 21 (final segunda fase), totalizando mais 11 infecções.

Semana	Tratamento	IF	SI	IFxSI	DOxSI	SUxSI	TExSI
0	C	671,43	303,13	75,00	103,13	289,29	366,67
	I	2,11 $\pm$ 0.31 Aa	1,85 $\pm$ 0.37 Aa	1,43 $\pm$ 0.29 Aa	1,48 $\pm$ 0.35 Aa	1,85 $\pm$ 0.38 Aa	1,75 $\pm$ 0.37 Aa
2	C	125,00	250,00	90,63	50,00	362,50	190,63
	I	1,63 $\pm$ 0.36 Aa	1,98 $\pm$ 0.28 Aa	1,62 $\pm$ 0.27 Aa	1,32 $\pm$ 0.30 Aa	2,20 $\pm$ 0.33 Aa	1,59 $\pm$ 0.38 Aa
4	C	92,86	292,86	177,78	210,71	246,43	228,13
	I	1,86 $\pm$ 0.14 Aa	2,02 $\pm$ 0.32 Aa	2,13 $\pm$ 0.12 Aa	1,86 $\pm$ 0.35 Aa	1,96 $\pm$ 0.36 Aa	2,15 $\pm$ 0.18 Aa
6	C	87,50	871,88	218,75	350,00	278,13	200,00
	I	1,85 $\pm$ 0.11 Aa	2,57 $\pm$ 0.23 Ab	2,02 $\pm$ 0.31 Aab	2,01 $\pm$ 0.34 Aab	2,30 $\pm$ 0.14 Aab	2,12 $\pm$ 0.16 Aab
8	C	100,00	365,63	313,89	371,88	81,25	191,67
	I	1,31 $\pm$ 0.38 Aa	2,31 $\pm$ 0.17 Ab	1,89 $\pm$ 0.38 Aab	2,42 $\pm$ 0.15 Ab	1,34 $\pm$ 0.33 Aa	2,09 $\pm$ 0.15 Ab
10	C	356,25	596,88	656,25	806,25	231,25	406,25
	I	2,25 $\pm$ 0.20 Bab	2,46 $\pm$ 0.24 Aa	1,91 $\pm$ 0.45 Aab	2,63 $\pm$ 0.17 Aa	1,72 $\pm$ 0.41 Ab	2,43 $\pm$ 0.16 Aa
12	C	160,71	656,25	216,67	471,88	353,13	438,89
	I	1,89 $\pm$ 0.19 Aa	2,75 $\pm$ 0.08 Ab	2,29 $\pm$ 0.07 Aab	2,46 $\pm$ 0.17 Aab	2,50 $\pm$ 0.07 Aab	2,51 $\pm$ 0.13 Aab
14	C	87,50	477,78	200,00	715,63	1137,50	515,63
	I	1,56 $\pm$ 0.27 Aa	2,44 $\pm$ 0.19 Ab	1,88 $\pm$ 0.31 Aab	2,60 $\pm$ 0.19 Ab	2,85 $\pm$ 0.20 Ab	2,17 $\pm$ 0.38 Aab
16	C	239,29	384,38	138,89	218,75	181,25	200,00
	I	2,31 $\pm$ 0.12 Aa	2,31 $\pm$ 0.18 Aa	1,94 $\pm$ 0.15 Aa	2,26 $\pm$ 0.10 Aa	1,95 $\pm$ 0.18 Aa	2,08 $\pm$ 0.15 Aa
18	C	218,75	813,89	215,63	650,00	343,75	193,75
	I	2,12 $\pm$ 0.16 Aa	2,80 $\pm$ 0.11 Ab	2,15 $\pm$ 0.15 Aab	2,70 $\pm$ 0.12 Aab	2,36 $\pm$ 0.16 Aab	2,15 $\pm$ 0.13 Aab
20	C	78,57	81,25	86,11	87,50	118,75	94,44
	I	1,60 $\pm$ 0.29 Aa	1,47 $\pm$ 0.29 Aa	1,83 $\pm$ 0.11 Aa	1,66 $\pm$ 0.26 Aa	1,53 $\pm$ 0.36 Aa	1,69 $\pm$ 0.24 Aa
22	C	180,00	116,67	356,25	159,38	534,38	378,13
	I	1,77 $\pm$ 0.47 Aa	1,86 $\pm$ 0.24 Aab	2,31 $\pm$ 0.18 Aab	1,69 $\pm$ 0.30 Aa	2,47 $\pm$ 0.21 Bb	2,39 $\pm$ 0.14 Bab
24	C	166,67	446,88	69,44	190,63	131,25	78,13
	I	1,95 $\pm$ 0.22 Aab	2,43 $\pm$ 0.15 Aa	1,76 $\pm$ 0.10 Aab	1,99 $\pm$ 0.29 Aab	1,70 $\pm$ 0.30 Aab	1,41 $\pm$ 0.33 Ab
26	C	509,38	305,56	250,00	239,29	371,88	292,86
	I	2,53 $\pm$ 0.13 Aa	2,26 $\pm$ 0.14 Aa	2,30 $\pm$ 0.11 Aa	2,26 $\pm$ 0.14 Aa	2,43 $\pm$ 0.16 Ba	2,28 $\pm$ 0.19 Ba
28	C	303,57	196,88	455,56	628,13	212,50	425,00
	I	2,33 $\pm$ 0.16 Aa	1,94 $\pm$ 0.31 Aa	2,10 $\pm$ 0.32 Aa	2,60 $\pm$ 0.16 Aa	1,89 $\pm$ 0.32 Aa	2,24 $\pm$ 0.31 Aa
30	C	818,75	619,44	234,38	640,63	621,43	250,00
	I	2,36 $\pm$ 0.38 Aab	2,55 $\pm$ 0.18 Aab	2,04 $\pm$ 0.31 Aab	2,50 $\pm$ 0.22 Aab	2,71 $\pm$ 0.12 Aa	1,85 $\pm$ 0.31 Ab
32	C	246,43	337,50	472,22	284,38	265,63	266,67
	I	2,20 $\pm$ 0.18 Aa	2,15 $\pm$ 0.29 Aa	2,17 $\pm$ 0.32 Aa	2,16 $\pm$ 0.32 Aa	2,13 $\pm$ 0.31 Aa	2,09 $\pm$ 0.28 Aa
34	C	709,38	2350,00	1121,88	1518,75	2590,63	790,63
	I	2,65 $\pm$ 0.17 Aa	3,12 $\pm$ 0.18 Ba	2,71 $\pm$ 0.20 Aa	3,01 $\pm$ 0.17 Aa	3,02 $\pm$ 0.27 Ba	2,85 $\pm$ 0.08 Aa
36	C	414,29	284,38	297,22	81,25	93,75	41,67
	I	1,56 $\pm$ 0.56 Aab	2,13 $\pm$ 0.37 Aa	1,92 $\pm$ 0.30 Aa	1,64 $\pm$ 0.26 Aab	1,50 $\pm$ 0.34 Aab	0,98 $\pm$ 0.32 Ab
38	C	215,63	755,56	562,50	328,13	325,00	268,75
	I	1,56 $\pm$ 0.46 Aac	2,27 $\pm$ 0.35 Aab	2,54 $\pm$ 0.18 Ab	2,33 $\pm$ 0.18 Aab	1,52 $\pm$ 0.48 Aac	1,21 $\pm$ 0.49 Ac

Resultados apresentados em médias aritméticas e em médias dos valores transformados ($\log x + 1$) $\pm$ erro padrão.

Letras minúsculas desiguais na linha indicam diferença significativa entre as médias dos grupos genéticos, letras maiúsculas desiguais na coluna indicam diferença estatística entre tratamentos em uma mesma coleta ($P < 0,05$).

Tabela 6

Carga parasitária de cordeiras Santa Inês (SI), Ile de France (IF) e cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), infectadas artificialmente com *Haemonchus contortus*.

Estágio de desenvolvimento	IF (n=8)	SI (n=9)	IFxSI (n=8)	DOxSI (n=8)	SUxSI (n=8)	TExSI (n=8)
L4 Inicial	258.7 (60; 790) 2.28 ± 0.12 ac 8.91%	151.1 (0; 570) 1.58 ± 0.33 ab 34.69%	615.0 (30; 2180) 2.56 ± 0.19 c 60.0%	110.0 (0; 310) 1.32 ± 0.41 b 37.13%	420.0 (0; 920) 2.29 ± 0.34 ac 29.29%	81.2 (0; 240) 1.38 ± 0.34 b 7.16%
L4 Final	102.5 (0; 280) 1.4 ± 0.36 ac 3.53 %	5.5 (0; 50) 0.19 ± 0.19 b 1.27%	12.5 (0; 50) 0.57 ± 0.28 ab 1.22%	7.50 (0; 30) 0.58 ± 0.22 ab 2.53%	120.0 (0; 410) 1.56 ± 0.36 c 8.37%	41.2 (0; 100) 1.07 ± 0.33 ac 3.63%
L5 Inicial	191.2 (0; 960) 1.53 ± 0.39 bc 6.58%	0.0 (0; 0) 0.00 ± 0.00 a 0.00 %	20.0 (0; 120) 0.59 ± 0.30 ac 1.95%	27.5 (0; 160) 0.76 ± 0.31 ab 9.28%	205.0 (0; 940) 1.57 ± 0.40 b 14.30%	176.2 (0; 550) 1.23 ± 0.47 bc 15.53%
Adulto	2352.5 (130; 4560) 3.16 ± 0.21 a 80.98%	278.9 (0; 1180) 1.57 ± 0.42 b 64.03%	376.2 (10; 1090) 2.22 ± 0.25 b 36.75%	151.2 (0; 480) 1.70 ± 0.32 b 51.05%	688.0 (0; 1860) 2.37 ± 0.37 ab 48.04%	836.2 (10; 3630) 2.40 ± 0.30 ab 73.68%
Carga Total	2905.0 (350; 5830) 3.31 ± 0.16 a	435.5 (0; 1680) 1.87 ± 0.40 b	1023.7 (40; 3130) 2.79 ± 0.20 ac	296.2 (10; 880) 2.17 ± 0.24 bc	1433.7 (210; 3590) 3.05 ± 0.13 a	1135.0 (30; 4420) 2.62 ± 0.27 ac

Médias aritméticas com valores mínimos e máximos entre parênteses e em *itálico*, médias dos valores transformados (Log x + 1) ± erro padrão.

Representação em porcentagem de cada estágio em relação à carga total

Letras designais na linha indicam diferença significativa (P<0,05) entre os grupos genéticos.

Tabela 7

Valores médios de células na mucosa abomasal de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) ou controle (C) das raças Ile de France (IF) , Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI).

Célula	Tratamento	Grupo Genético		IF	SI	IFxSI	DOxSI	SUxSI	TExSI
Eosinófilos	C	7.33 (2;17)	4.00 (3;7)	5.44 (1;16)	4.88 (2;10)	3.38 (2;5)	3.29 (2;5)		
	I	<i>0.83 ± 0.30 a</i>	<i>0.69 ± 0.11 a</i>	<i>0.71 ± 0.30 a</i>	<i>0.72 ± 0.21 a</i>	<i>0.63 ± 0.12 a</i>	<i>0.62 ± 0.12 a</i>		
Leucócitos Globulares	C	66.75 (15;87)	12.63 (20;370)	91.62 (27;205)	63.38 (26;115)	29.50 (17;57)	31.00 (19;44)		
	I	<i>1.63 ± 0.42 abc</i>	<i>1.86 ± 0.44 a</i>	<i>1.86 ± 0.32 a</i>	<i>1.74 ± 0.26 ac</i>	<i>1.46 ± 0.16 bc</i>	<i>1.49 ± 0.13 c</i>		
Mastócitos	C	0.29 (0;1)	4.56 (0;37)	0.33 (0;1)	0.50 (0;4)	0.13 (0;1)	0.11 (0;1)		
	I	<i>0.09 ± 0.15 a</i>	<i>0.29 ± 0.51 a</i>	<i>0.10 ± 0.15 a</i>	<i>0.09 ± 0.25 a</i>	<i>0.04 ± 0.11 a</i>	<i>0.03 ± 0.10 a</i>		
	C	41.88 (1;181)	21.14 (3;45)	12.25 (3;86)	21.25 (5;45)	8.13 (1;18)	10.29 (3;23)		
	I	<i>1.24 ± 0.64 a</i>	<i>1.21 ± 0.40 a</i>	<i>1.05 ± 0.27 a</i>	<i>1.25 ± 0.32 a</i>	<i>0.86 ± 0.34 a</i>	<i>0.97 ± 0.29 a</i>		
	C	9.33 (6;14)	11.43 (3;43)	5.67 (0;14)	4.43 (1;11)	4.38 (1;10)	3.83 (0;5)		
	I	<i>1.00 ± 0.13 a</i>	<i>0.95 ± 0.34 ab</i>	<i>0.68 ± 43 ab</i>	<i>0.63 ± 0.32 b</i>	<i>0.67 ± 0.25 ab</i>	<i>0.66 ± 0.19 b</i>		
	C	29.50 (13;86)	64.56 (16;179)	31.86 (6;76)	29.88 (3;78)	22.75 (4;57)	30.37 (19;51)		
	I	<i>1.39 ± 0.28 ab</i>	<i>1.67 ± 0.38 a</i>	<i>1.42 ± 0.32 ab</i>	<i>1.37 ± 0.38 ab</i>	<i>1.27 ± 0.40 b</i>	<i>1.48 ± 0.13 ab</i>		

Resultados apresentados em médias aritméticas com valores mínimos e máximos entre parênteses

Resultados transformados em itálico (Log x + 1) com ± erro padrão

Letras minúsculas desiguais na linha indicam diferença significativa (P< 0,05) entre os grupos genéticos.

Tabela 8

Coefficientes de correlação de Spearman entre o número de ovos por grama de fezes (OPG) ou a carga parasitária total (CT) com as variáveis peso final (PF), volume globular (VG), proteína plasmática total (PPT), eosinófilos circulantes (EC), carga parasitária total (CT), comprimento de parasitas macho (CM), comprimento de parasitas fêmeas (CF) e número de eosinófilos teciduais (ET), número de leucócitos globulares (LG) e mastócitos (M) na mucosa do abomaso de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* (I) das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI).

	OPGxPF	OPGxVG	OPGxPPT	OPGxEC	OPGxCT	OPGxCM	OPGxCF	OPGxET	OPGxLG	OPGxM
IF	0.024	-0.889 ***	-0.422	-0.708 **	0.855 ***	0.703 **	0.842 ***	0.168	-0.347	0.168
SI	0.242	-0.687 ***	-0.702 ***	-0.492 **	0.868 ***	0.378	0.753 *	-0.210	-0.280	-0.345
IFxSI	-0.223	-0.367	-0.690 **	-0.223	0.619 *	0.636	-0.402	-0.225	0.122	0.414
DOxSI	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
SUxSI	-0.675 *	0.056	-0.505	-0.023	0.123	-0.090	0.098	0.343	-0.250	-0.126
TExSI	-0.442	-0.424	-0.404	-0.130	0.409	0.419	0.462	-0.629	-0.406	0.095
	CTxPF	CTxVG	CTxPPT	CTxEC		CTxCM	CTxCF	CTxET	CTxLG	CTxM
IF	0.257	-0.966 ***	-0.034	-0.689 *		0.365	0.544	-0.363	-0.363	0.549
SI	0.270	-0.694 ***	-0.459 *	-0.605 ***		0.092	0.808 **	-0.497	0.184	-0.682 *
IFxSI	-0.209	-0.371	-0.213	-0.535		-0.413	-0.342	-0.580	-0.432	0.671 *
DOxSI	-0.324	0.499	0.186	-0.127		-0.080	0.045	0.143	-0.708 **	-0.395
SUxSI	-0.190 *	-0.103	0.526	-0.660		-0.015	-0.347	-0.601	-0.368 ***	-0.771 **
TExSI	-0.984 ***	0.070	-0.066	-0.814 ***		-0.294	0.323	-0.043	-0.367	-0.382

*P<0,1 **P<0,05 ***P<0,01; # No grupo DOxSI os valores de OPG foram iguais a zero.

Tabela 9

Coefficientes de correlação de Spearman entre o número de ovos por grama de fezes (OPG) ou a carga parasitária total (CT) com as variáveis imunoglobulina A (IgA) sérica (S) e do muco abomasal (M), e imunoglobulina G (IgG) sérica contra antígenos totais de larvas infectantes (L3) ou de parasitas adultos (AD) de cordeiras artificialmente infectadas com *Haemonchus contortus* das raças Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI).

Grupo Genético	OPG x IgA L3 M	OPGx IgA AD M	OPGx IgA L3 S	OPG x IgA AD S	OPG x IgG L3	OPG x IgG AD
IF	-0.913 **	-0.773 **	0.447	0.392	-0.089	-0.161
SI	0.396	-0.147	0.468	-0.014	-0.001	-0.182
IFxSI	-0.190	0.097	0.537	0.787**	0.002	-0.393
DOxSI	#	#	#	#	#	#
SUxSI	-0.407	-0.819**	0.554	0.471	0.093	0.491
TExSI	-0.029	-0.683*	0.413	0.315	0.387	0.589
	CT x IgA L3 M	CT x IgA ADM	CT x IgA L3 S	CT x IgA AD S	CT x IgG L3	CT x IgG AD
IF	-0.687**	-0.604	0.218	0.378	-0.130	-0.175
SI	0.663 *	0.275	0.628*	0.187	0.110	-0.091
IFxSI	-0.609	-0.403	0.166	0.264	0.354	-0.046
DOxSI	-0.202	0.255	-0.343	-0.316	0.677 *	0.873 ***
SUxSI	-0.428	-0.519	-0.318	-0.245	-0.210	-0.106
TExSI	-0.596	-0.790 **	0.038	0.212	0.241	0.018

* P<0,1 ** P<0,05 *** P<0,01 # No grupo DOxSI os valores de OPG foram iguais a zero.

Figura 1

Cronograma do período experimental relacionado às infecções e as dietas experimentais.

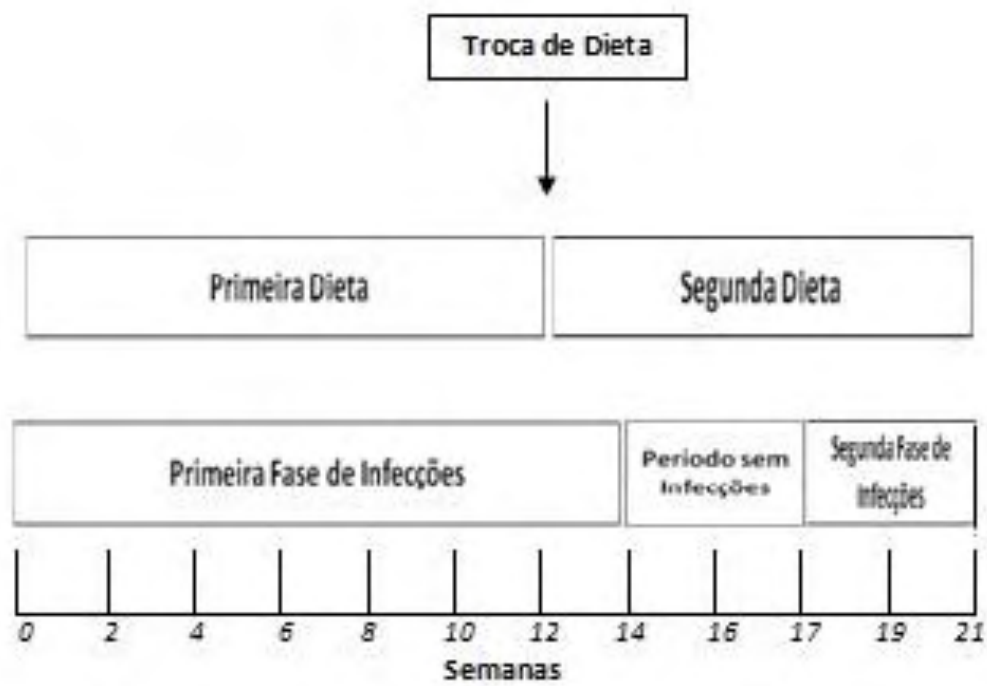


Figura 2

Valores médios de ovos por grama de fezes (OPG) de cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TEExSI), infectadas artificialmente com *Haemonchus contortus*. Da semana 0 até a semana 14 os animais receberam 500 larvas infectantes (L3) três vezes por semana (total de 41 infecções); no primeiro dia da semana 17 os animais foram desafiados com 10000 L3 e após receberam 1000 L3 três vezes por semana (total de 11 infecções). Barra = erro padrão.

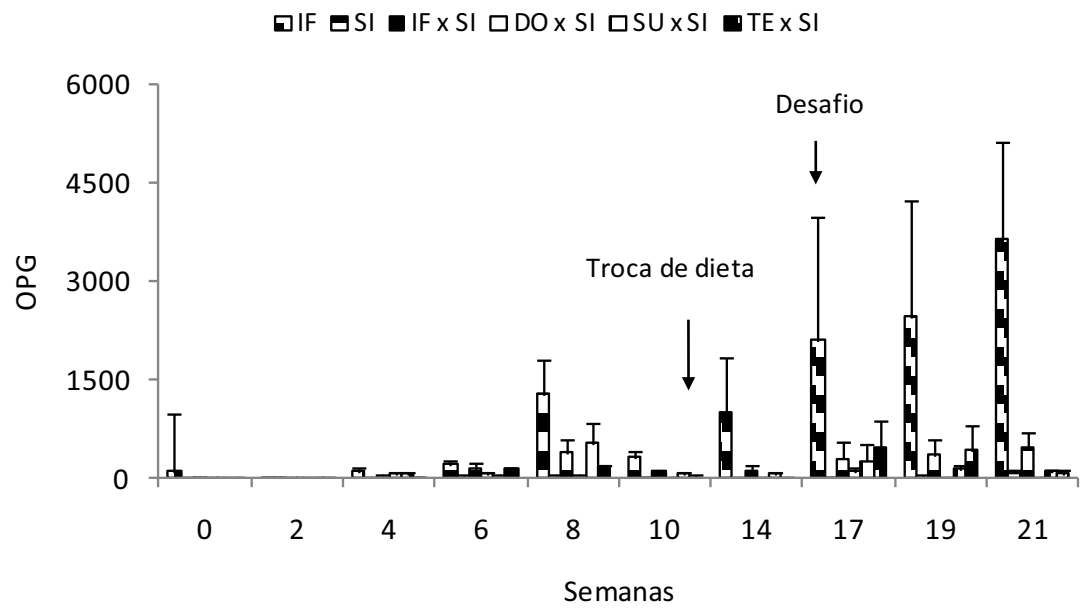


Figura 3

Valores médios do comprimento de exemplares (cm) machos e fêmeas de *H. contortus* recuperados do abomaso de cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TEExSI) artificialmente infectados. Barra = erro padrão.

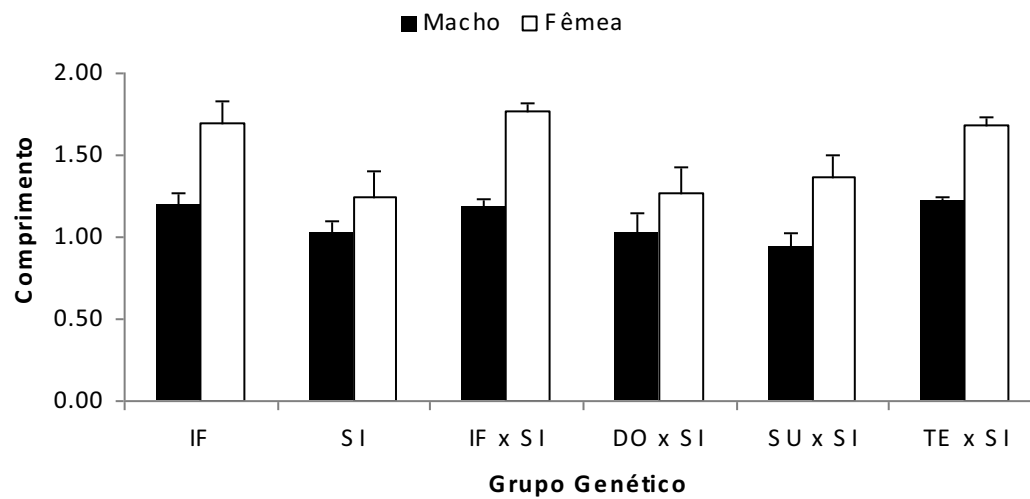


Figura 4

Níveis percentuais médios de IgA sérica contra larvas em estágio L3 (A) de *H. contortus* em cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com *H. contortus* ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético ($P < 0,05$).

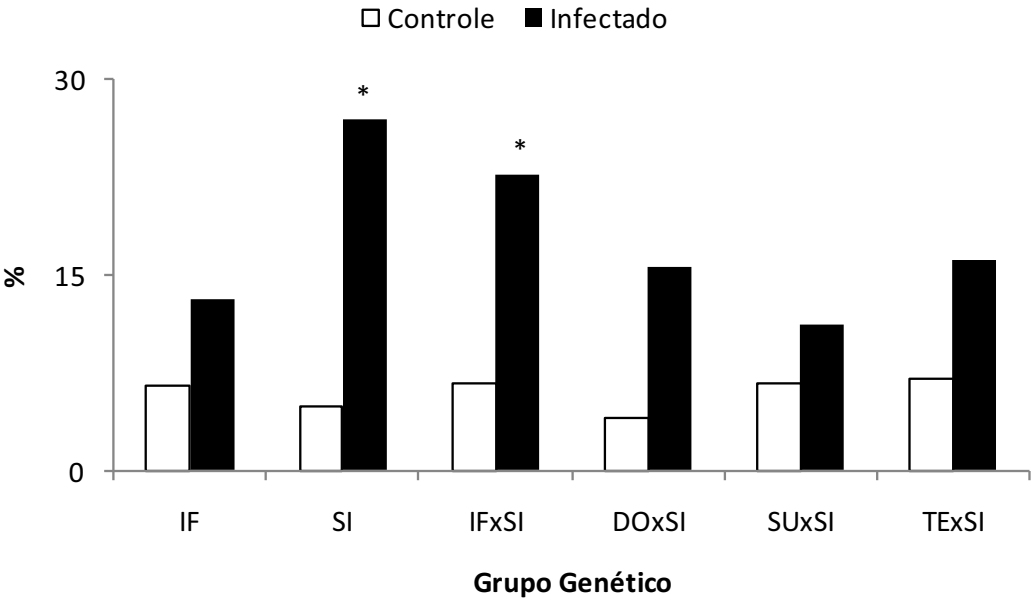


Figura 5

Níveis percentuais médios de IgA sérica contra parasitas adultos de *H. contortus* em cordeiras Ile de France (IF) , Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com *H. contortus* ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético ($P < 0,05$).

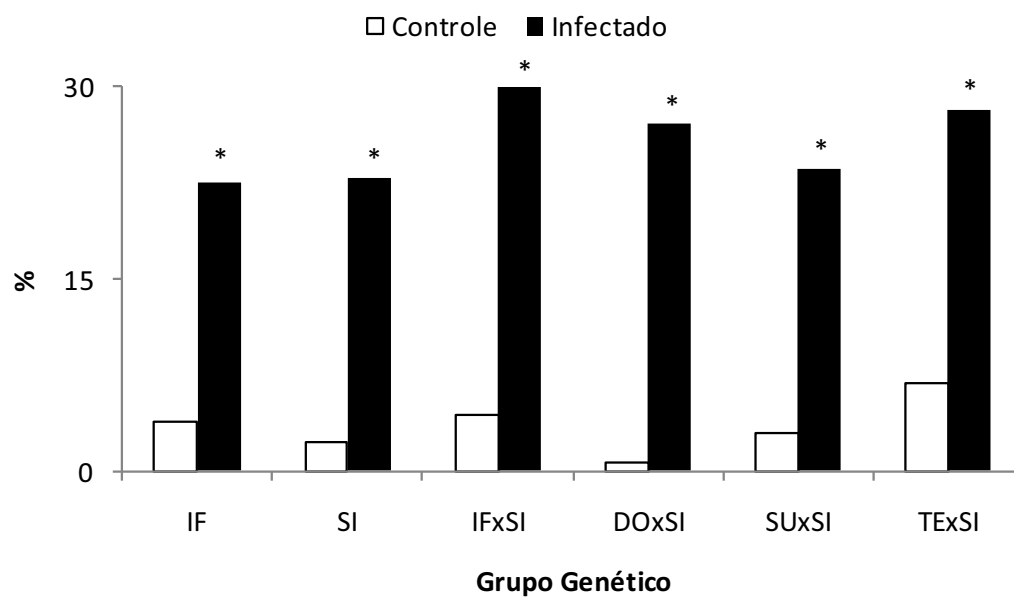


Figura 6

Níveis percentuais médios de IgA no muco abomasal contra larvas em estágio L3 (A) de *H. contortus* em cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectadas. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com *H. contortus* ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético ($P < 0,05$).

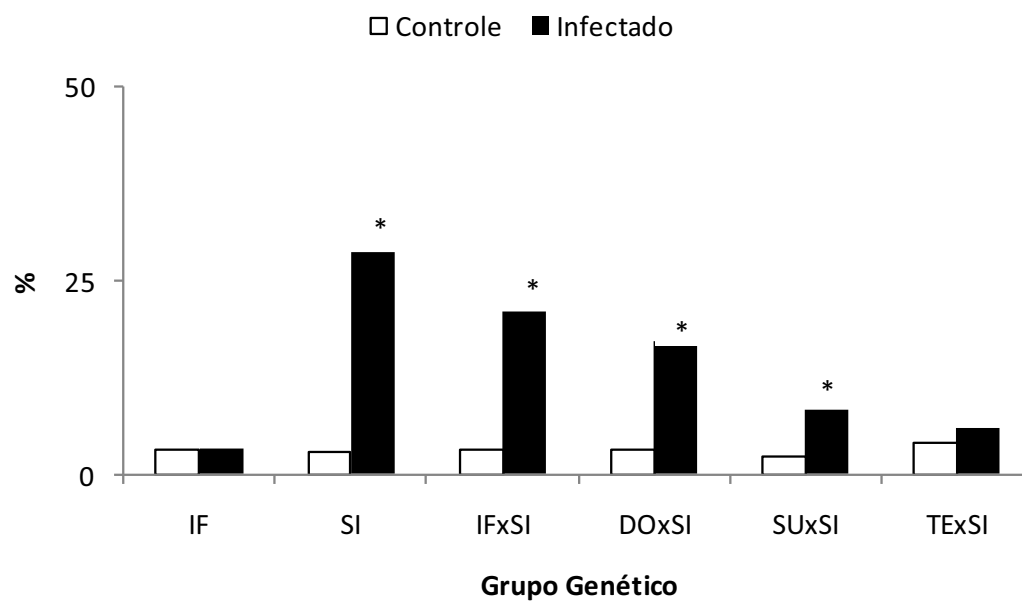


Figura 7

Níveis percentuais médios de IgA no muco abomasal contra parasitas adultos de *H. contortus* em cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificilamnete infectados. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com *H. contortus* ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético ($P < 0,05$).

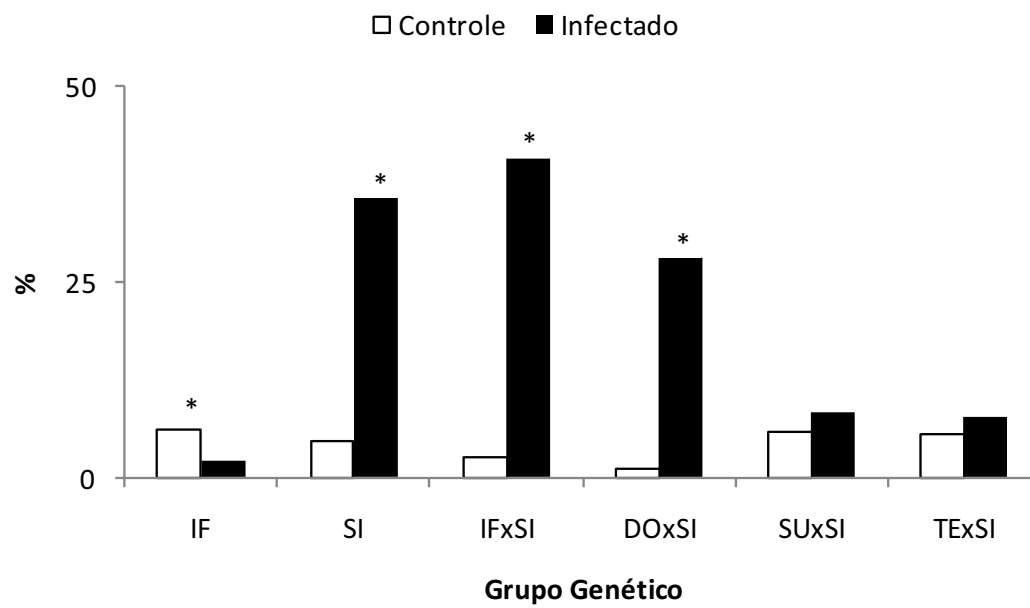


Figura 8

Níveis percentuais médios de IgG sérica contra larvas em estágio L3 (A) de *H. contortus* em cordeiras Ile de France (IF), Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados.

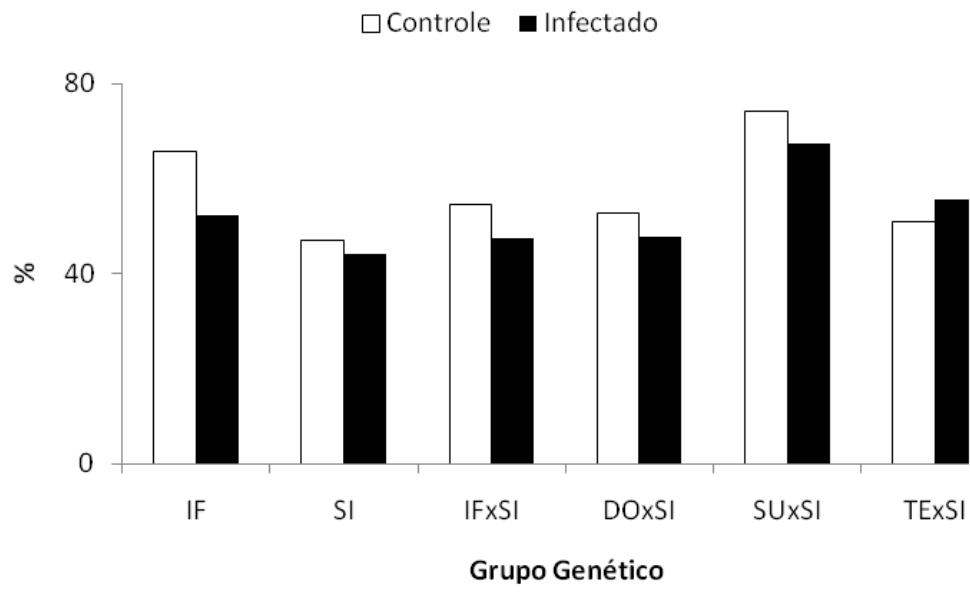


Figura 9

Níveis percentuais médios de IgG sérica contra parasitas adultos de *H. contortus* em cordeiras Ile de France (IF) , Santa Inês (SI) e do cruzamento entre matrizes Santa Inês e reprodutores Ile de France (IFxSI), Dorper (DOxSI), Suffolk (SUxSI) e Texel (TExSI), dos grupos controle ou artificialmente infectados. * = diferença significativa na concentração de imunoglobulina entre os tratamentos (infectado com *H. contortus* ou seu respectivo grupo controle) dentro de cada grupo genético ($P < 0,05$).

